

24 DEC. 2004



# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 30 NOV. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

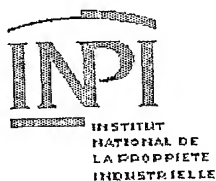
DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr





# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITE

26bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 Paris Cédex 08  
Téléphone: 01 53.04.53.04 Télécopie: 01.42.94.86.54

Code de la propriété intellectuelle-livre VI

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

DATE DE REMISE DES PIÈCES: N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL: DÉPARTEMENT DE DÉPÔT: DATE DE DÉPÔT:	Jean LEHU BREVATOME 3, rue du Docteur Lancereaux 75008 PARIS France
Vos références pour ce dossier: B 14434 CS DD 2596	

<b>1 NATURE DE LA DEMANDE</b>			
Demande de brevet			
<b>2 TITRE DE L'INVENTION</b>			
MODULE DE DEFLEXION OPTIQUE			
<b>3 DECLARATION DE PRIORITE OU REQUETE DU BENEFICE DE LA DATE DE DEPOT D'UNE DEMANDE ANTERIEURE FRANCAISE</b>		Pays ou organisation	Date N°
<b>4-1 DEMANDEUR</b>			
Nom	COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE		
Rue	31-33, rue de la Fédération		
Code postal et ville	75752 PARIS 15ème		
Pays	France		
Nationalité	France		
Forme juridique	Etablissement Public de Caractère Scientifique, technique et Ind		
<b>5A MANDATAIRE</b>			
Nom	LEHU		
Prénom	Jean		
Qualité	Liste spéciale: 422-5 S/002, Pouvoir général: 7068		
Cabinet ou Société	BREVATOME		
Rue	3, rue du Docteur Lancereaux		
Code postal et ville	75008 PARIS		
N° de téléphone	01 53 83 94 00		
N° de télécopie	01 45 63 83 33		
Courrier électronique	brevets.patents@brevaalex.com		
<b>6 DOCUMENTS ET FICHIERS JOINTS</b>		Fichier électronique	Pages
Texte du brevet		textebrevet.pdf	51
Dessins		dessins.pdf	12
Désignation d'inventeurs		Détails	
Pouvoir général		D 42, R 8, AB 1 page 12, figures 31, Abrégé: page 1, Fig. 1	

<b>7 MODE DE PAIEMENT</b>				
Mode de paiement		Prélèvement du compte courant		
Numéro du compte client		024		
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>				
Etablissement immédiat				
<b>9 REDEVANCES JOINTES</b>				
	Devise	Taux	Quantité	Montant à payer
062 Dépôt	EURO	0.00	1.00	0.00
063 Rapport de recherche (R.R.)	EURO	320.00	1.00	320.00
068 Revendication à partir de la 11ème	EURO	15.00	26.00	390.00
Total à acquitter	EURO			710.00

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

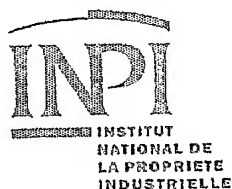
**Signé par**

Signataire: FR, Brevatome, J.Lehu

Emetteur du certificat: DE, D-Trust GmbH, D-Trust for EPO 2.0

**Fonction**

Mandataire agréé (Mandataire 1)



## BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

### Réception électronique d'une soumission

Il est certifié par la présente qu'une demande de brevet (ou de certificat d'utilité) a été reçue par le biais du dépôt électronique sécurisé de l'INPI. Après réception, un numéro d'enregistrement et une date de réception ont été attribués automatiquement.

Demande de brevet : X

Demande de CU :

<b>DATE DE RECEPTION</b>	23 décembre 2003	<b>Dépôt en ligne: X</b> <b>Dépôt sur support CD:</b>
<b>TYPE DE DEPOT</b>	INPI (PARIS) - Dépôt électronique	
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUE PAR L'INPI</b>	0351184	
<b>Vos références pour ce dossier</b>	B 14434 CS DD 2596	

**DEMANDEUR**

Nom ou dénomination sociale	COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
Nombre de demandeur(s)	1
Pays	FR

**TITRE DE L'INVENTION**

MODULE DE DEFLEXION OPTIQUE

**DOCUMENTS ENVOYES**

package-data.xml	Requetefr.PDF	application-body.xml
Design.PDF	ValidLog.PDF	fee-sheet.xml
FR-office-specific-info.xml	Comment.PDF	textebrevet.pdf
dessins.pdf	indication-bio-deposit.xml	request.xml

**EFFECTUE PAR**

Effectué par:	J.Lehu
Date et heure de réception électronique:	23 décembre 2003 15:56:15
Empreinte officielle du dépôt	E6:DB:FF:A0:EB:E7:74:75:EE:C0:CC:DB:AC:18:4B:91:5A:BE:78:BA

/ INPI PARIS, Section Dépôt /

SIEGE SOCIAL  
INSTITUT 26 bis, rue de Saint Petersburg  
NATIONAL DE 75000 PARIS cedex 08  
LA PROPRIÉTÉ Téléphone : 01 53 04 53 04  
INDUSTRIELLE Télécopie : 01 42 93 59 30

**MODULE DE DEFLEXION OPTIQUE****DESCRIPTION****5    DOMAINE TECHNIQUE**

La présente invention concerne un module de déflexion optique. Un module de déflexion optique permet de dévier un faisceau optique incident.

Les domaines d'application de ces modules  
10 de déflexion sont nombreux par exemple, le routage d'informations transportées par fibres optiques, le stockage d'informations, l'inspection de surface par voies optiques, la télémétrie et plus particulièrement tous les secteurs demandant un balayage spatial, en  
15 particulier incrémental de faisceaux optiques.

**ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE**

Le développement des systèmes de télécommunication à haut débit notamment de type DWDM  
20 (abréviation de Dense Wavelength Division Multiplexing soit multiplexage en longueur d'onde dense) rend les modules de déflexion optique essentiels, ce sont des briques de base dans les architectures actuellement développées. De nos jours les modules de déflexion sont  
25 réalisés à base de miroirs tournants, de cellules acousto-optiques, de réseaux de diffraction adressables électriquement.

Les modules de déflexion à miroir tournant comme ceux montrés dans le document [1] dont les  
30 références se trouvent en fin de description,

comportent généralement un miroir tournant apte à prendre un grand nombre de positions angulaires. Le miroir coopère avec des moyens d'actionnement qui peuvent être des commandes électrostatiques analogiques. Ces moyens d'actionnement consomment beaucoup d'énergie et nécessitent une alimentation puissante et encombrante. La commande analogique nécessite des asservissements électroniques très complexes et difficiles à gérer. Dans tous les cas le module de déflexion et son actionnement sont difficilement intégrables dans des systèmes pour lesquels l'encombrement est un paramètre critique. Ces composants ne sont pas compatibles avec des méthodes de fabrication collective mises en jeu dans les micro-technologies, leur rendement de fabrication est faible. Ce type de composant optique possède des limitations en terme d'industrialisation dues à sa complexité aussi bien au niveau de la fabrication, que du fonctionnement.

Il a également été proposé notamment dans les documents [2] et [3] dont les références se trouvent en fin de description, un module de déflexion optique et un dispositif de routage optique utilisant de tels modules de déflexion optique. Un module de déflexion optique est un simple élément de déflexion apte à prendre un nombre limité de positions angulaires. Entre deux modules de déflexion successifs est inséré un élément de conjugaison optique. On peut se référer aux figures 13A, 13B qui montrent un dispositif de routage dérivé de l'enseignement de ces documents. Sur ces figures il y a, en cascade, deux éléments de

déflexion 100 séparés par un élément de conjugaison optique 108. Le dernier élément de déflexion 100 est suivi par un élément de conjugaison optique 108. En amont des éléments de déflexion 100 est placé un  
5 élément de mise en forme 104. Les deux figures 13A, 13B se distinguent l'une de l'autre par le fait que les éléments de déflexion 100 sont orientables selon des axes y, x distincts perpendiculaires. Chaque élément de déflexion 100 est apte à fournir à partir d'un faisceau  
10 optique d'entrée  $\phi_{1a}$  ayant une direction donnée  $\delta_1$  un faisceau optique de sortie  $\phi_{2a}$  ayant une direction de propagation prise parmi un ensemble de directions potentielles  $\delta_{20}, \delta_{21}, \dots$

Un tel dispositif de routage permet, avec  
15 plusieurs modules de déflexion 100, de multiplier le nombre de positions angulaires potentielles pour le faisceau optique de sortie du module. Ces modules de déflexion sont conçus pour développer une architecture tridimensionnelle. Les éléments de conjugaison optique  
20 108 et l'élément de mise en forme 104 sont positionnés selon des axes distincts sécants. Cette architecture pose problème lors de la fabrication, du fait de la complexité de l'encapsulation. Ces dispositifs routage sont donc également encombrants. Leur utilisation n'est  
25 pas aisée non plus, ils nécessitent un réglage du positionnement des éléments de déflexion qui est délicat. Un même élément de déflexion peut posséder deux axes de rotation distincts.



**EXPOSÉ DE L'INVENTION**

La présente invention a justement comme but de proposer un module de déflexion optique apte à entrer dans la composition de dispositifs de routage qui ne présentent pas les inconvénients mentionnés ci-dessus notamment l'encombrement, la complexité de fabrication et de fonctionnement.

Un autre but de l'invention est de proposer un module de déflexion qui soit aisément réalisable en micro-technologie.

Un autre but de l'invention est de proposer un module de déflexion optique ayant un élément de déflexion apte à prendre des positions de déflexion discrètes prédéterminées, parfaitement reproductibles, qui ne nécessitent aucun asservissement électronique.

Pour atteindre ces buts, l'invention propose un module de déflexion optique avec plusieurs éléments de déflexion agencés de manière à posséder un unique axe optique. Un tel module de déflexion possède une structure simple et compacte.

Plus précisément, la présente invention concerne un module de déflexion optique apte à fournir :

- à partir d'un faisceau optique d'entrée ayant une direction de propagation donnée, un faisceau optique de sortie ayant une direction de propagation prise dans un premier ensemble de directions potentielles, ou

- à partir d'un faisceau optique d'entrée ayant une direction de propagation prise dans un second ensemble de directions potentielles, un faisceau

optique de sortie ayant une direction de propagation donnée,

caractérisé en ce qu'il comporte un unique élément de déflexion du faisceau optique d'entrée apte à prendre plusieurs positions potentielles qui sont en relation avec les directions potentielles du premier ensemble ou du second ensemble et au moins un élément de renvoi fixe disposé en amont ou en aval de l'élément de déflexion, une position potentielle principale de l'élément de déflexion conduisant à une direction principale du premier ensemble ou du second ensemble, cette direction principale étant colinéaire ou parallèle avec la direction de propagation donnée du faisceau optique d'entrée ou du faisceau optique de sortie.

L'utilisation d'au moins un élément de renvoi fixe associé à un élément de déflexion permet de linéariser le module de déflexion et donc une structure intégrant le module de déflexion. Cela signifie notamment que des éléments optiques placés de part et d'autre d'un tel module de déflexion auront leurs axes optiques parallèles ou colinéaires.

Dans un mode de réalisation particulièrement avantageux, il comporte deux éléments de renvoi fixes, situés de part et d'autre de l'élément de déflexion. Ce mode de réalisation conduit à ce que la direction potentielle principale et la direction donnée soient colinéaires et plus seulement parallèles.

La direction donnée est soit une direction fixe, soit est prise parmi plusieurs directions potentielles.

Il est avantageux que le premier ou le second ensemble de directions potentielles comporte des directions discrètes prédéterminées de manière à réduire la complexité des circuits de commande de l'élément de déflexion. La commande est alors  
5 avantageusement numérique.

L'élément de déflexion peut être un miroir.

Il en est de même pour l'élément de renvoi.

Dans un souci de simplification, au moins  
10 une position potentielle de l'élément de déflexion est une position discrète mécaniquement prédéterminée. Le fonctionnement d'un tel élément de déflexion est parfaitement reproductible d'une utilisation à une autre ou bien d'un élément de déflexion à un élément de  
15 déflexion voisin.

Une butée peut définir au moins une position mécaniquement prédéterminée de l'élément de déflexion en l'arrêtant.

Pour augmenter le nombre de positions  
20 mécaniquement prédéterminées, la butée peut être une butée double comprenant une languette apte à prendre deux positions distinctes, dans l'une des positions la languette étant fléchie.

En variante, une languette solidaire de  
25 l'élément de déflexion peut être employée, cette languette étant apte à prendre deux positions distinctes en appui sur la butée, dans une de ces positions la languette étant fléchie.

Il est possible que la position potentielle  
30 principale de l'élément de déflexion soit une position dans laquelle il est au repos.

L'élément de déflexion peut se déplacer en rotation autour d'un axe perpendiculaire à au moins une des directions potentielles.

5 En variante, l'élément de déflexion peut se déplacer en rotation autour d'un axe contenu dans un plan formé par la direction donnée et la direction potentielle principale.

10 Dans une autre variante, l'élément de déflexion comporte au moins deux faces réfléchissantes positionnées dans des plans différents, cet élément étant apte à se déplacer en translation de façon à générer une rotation des plans suivant un axe formé par l'intersection desdits plans. Ainsi, la translation est équivalente à une rotation des plans suivant un axe  
15 formé par l'intersection desdits plans.

L'élément de déflexion peut comporter un bras de liaison qui le relie à une partie fixe.

L'élément de déflexion peut être placé sur un socle mobile.

20 Dans cette dernière configuration, le socle mobile peut être solidaire d'au moins un bras de liaison qui le relie à une partie fixe.

Le module de déflexion optique comporte également des moyens d'actionnement de l'élément de  
25 déflexion qui peuvent être de type électrostatique et comporter au moins une paire d'électrodes, éventuellement en peigne interdigitées.

Le module de déflexion optique peut aussi comporter des conduits pour permettre la propagation  
30 des faisceaux optiques d'entrée et de sortie.

Le module de déflexion optique peut être réalisé au moins partiellement par des techniques employées en micro-électrique et/ou par des techniques de moulage et/ou par des techniques de report.

5                   Lorsqu'il y a deux éléments de renvoi, il est préférable qu'ils soient symétriques par rapport à un plan perpendiculaire à la direction de propagation potentielle principale.

10                   La présente invention concerne également une matrice de déflexion optique qui comporte une pluralité de modules de déflexion optique ainsi caractérisés dont les éléments de déflexion possèdent un plan de déflexion, les modules étant placés dans un même plan.

15                   Ainsi, les plans de déflexion des éléments de déflexion dans leur position principale peuvent être parallèles ou confondus.

20                   Les modules de déflexion optique de la matrice seront avantageusement arrangés en au moins une ligne et/ou au moins une colonne.

                  Deux modules de déflexion optique successifs dans une ligne peuvent être séparés par un élément de conjugaison optique.

25                   Dans une configuration avec des modules de déflexion dotés de deux éléments de renvoi, dans une même ligne, des éléments de conjugaison optique ont des axes optiques colinéaires.

30                   Lorsque la matrice comporte plusieurs modules de déflexion optique en colonne et que les faisceaux optiques ont chacun une direction de

propagation fixe, les directions de propagation sont de préférence parallèles.

Lorsqu'une matrice de déflexion optique comporte plusieurs colonnes, les éléments de conjugaison optique séparant deux modules de déflexion optique appartenant à des colonnes successives peuvent être regroupés en barrette.

Les modules de déflexion optique de la matrice de déflexion optique peuvent être groupés sur un substrat commun qui inclut au moins un logement pour un ou plusieurs éléments de conjugaison optique.

Au moins une partie des modules de déflexion est groupée sur un substrat commun, ce substrat comprenant des moyens de support du reste des modules et au moins un logement pour recevoir un ou plusieurs éléments de conjugaison optique.

La présente invention concerne également un dispositif de routage destiné à coupler chacune d'une pluralité de voies optiques d'entrée à l'une quelconque d'une pluralité de voies optiques de sortie véhiculant des faisceaux optiques. Il comporte une matrice de déflexion optique d'entrée ainsi caractérisée reliée aux voies optiques d'entrée, une matrice de déflexion optique de sortie ainsi caractérisée, reliée aux voies optiques de sortie et un module de liaison entre les deux matrices de déflexion optique d'entrée et de sortie.

Le dispositif de routage comporte de préférence, en amont de la matrice de déflexion d'entrée, un module de mise en forme des faisceaux optiques véhiculés par les voies d'entrée.

De manière similaire, il peut comporter, en aval de la matrice de déflexion optique de sortie, un module de mise en forme des faisceaux optiques devant être véhiculés par les voies de sortie.

5                   Avantageusement, les voies optiques d'entrée et les voies optiques de sortie sont parallèles entre elles.

                  Au moins un dispositif de renvoi peut être placé entre la matrice de déflexion optique d'entrée et  
10 le module de liaison et/ou entre le module de liaison et la matrice de déflexion optique de sortie.

#### **BREVE DESCRIPTION DES DESSINS**

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation  
15 donnés, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

- les figures 1A, 1B, 1C montrent en vue de dessus plusieurs exemples d'un module de déflexion  
20 optique selon l'invention ;

- la figure 2 montre un premier exemple de matrice de déflexion optique selon l'invention ;

- les figures 3A, 3B, 3C montrent des exemples de matrices de déflexion optique selon  
25 l'invention employées dans des dispositifs de routage selon l'invention ;

- les figures 4A, 4B montrent respectivement une matrice de déflexion optique selon l'invention gravée au sein d'un substrat et un substrat  
30 auxiliaire portant des électrodes des moyens

d'actionnement des modules de déflexion optique composant cette matrice de déflexion optique ;

- les figures 5A à 5D illustrent différentes étapes de fabrication d'un module de déflexion optique selon l'invention ;

- les figures 6A à 6F illustrent deux exemples de modules de déflexion optique selon l'invention à double butée ;

- les figures 7A et 7B montrent un autre exemple de module de déflexion optique selon l'invention avec des moyens d'actionnement de type peigne intergigité ;

- la figure 8A illustre un module de déflexion optique selon l'invention dans lequel l'élément de déflexion est mobile en translation, la figure 8B montrant un élément de déflexion apte à se substituer à l'élément de déflexion de la figure 8A ;

- la figure 9 illustre une matrice de déflexion optique selon l'invention dont les faisceaux optiques d'entrée et de sortie sont non parallèles entre eux ;

- la figure 10 illustre un dispositif de routage selon l'invention dans lequel les matrices de déflexion optique sont dans des plans non parallèles ;

- les figures 11A, 11B montrent deux exemples de matrices de déflexion employant des modules de déflexion selon l'invention ;

- les figures 12A, 12B montrent respectivement un exemple de module de déflexion selon l'invention correspondant au mode de réalisation illustré à la figure 11B, et en trois dimensions une



matrice de déflexion employant un tel module de déflexion ;

- les figures 13A, 13B, déjà décrites, montrent deux exemples de dispositif de routage de l'art antérieur à base de simples éléments de déflexion ;

Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures décrites ci-après portent les mêmes références numériques de façon à faciliter le passage d'une figure à l'autre.

Les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement selon une échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.

#### EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

On va se référer aux figures 1A, 1B, 1C qui montrent des variantes d'un module de déflexion optique selon l'invention.

Un module de déflexion optique selon l'invention comporte un unique élément de déflexion 1 associé à au moins un élément de renvoi 2, 2a, 2b. L'élément de renvoi peut être un miroir.

Sur la figure 1A, il n'y a qu'un seul élément de renvoi 2, placé en amont de l'élément de déflexion 3. Sur la figure 1B, il n'y a qu'un seul élément de renvoi 2 placé en aval de l'élément de déflexion 3. Sur la figure 1C, l'élément de déflexion 3 est placé entre deux éléments de renvoi 2a, 2b.

Un tel module de déflexion optique est destiné à recevoir au moins un faisceau optique

d'entrée  $f_1$ , de direction  $d_1$  donnée, et à fournir un faisceau optique de sortie  $f_2$  selon une direction  $d_2$  prise parmi un ensemble de directions potentielles  $d_2$ ,  $d_3$ ,  $d_4$ . L'ensemble des directions potentielles peut  
5 contenir une infinité de directions potentielles comprises entre des directions extrêmes qui servent de bornes ou au contraire un nombre fini de directions potentielles discrètes comprises entre des bornes. Cet ensemble de directions potentielles correspond à un  
10 ensemble de positions angulaires qu'en théorie l'élément de déflexion pourrait prendre lors d'un déplacement. Dans l'exemple, ces directions potentielles sont coplanaires, l'ensemble de ces directions forme sensiblement un éventail.

15 Dans les exemples des figures 1, l'élément de déflexion 1 est apte à prendre plusieurs positions angulaires potentielles. Ces positions sont en relation avec les directions potentielles  $d_2$ ,  $d_3$ ,  $d_4$  du faisceau optique de sortie  $f_2$ . Ces positions sont comprises  
20 entre des bornes qui correspondent à des positions extrêmes de l'élément de déflexion.

Selon l'invention sur les figures 1A ou 1B, la direction  $d_1$  du faisceau optique d'entrée  $f_1$  est parallèle à une des directions potentielles  $d_2$ ,  $d_3$ ,  $d_4$ .  
25 Cette direction potentielle  $d_2$  est qualifiée de direction potentielle principale. La position de l'élément de déflexion 1 qui conduit à cette position potentielle principale est qualifiée de position potentielle principale. Sur la figure 1C, la direction  
30  $d_1$  du faisceau optique d'entrée est colinéaire avec la direction potentielle principale  $d_2$ .

Dans l'exemple des figures 1, l'élément de  
déflexion 1 est mobile autour d'un axe, dirigé selon  
oy, perpendiculaire à au moins une des directions  
potentielles de l'ensemble. Ces positions angulaires  
5 peuvent être obtenues par rotation de l'élément de  
déflexion 1.

Dans une variante décrite ultérieurement,  
la rotation peut se faire autour d'un axe qui est  
inclus dans un plan formé par la direction donnée d1 et  
10 la direction potentielle principale d2.

L'élément de déflexion 1 comporte un plan  
de déflexion, pour un miroir il s'agit d'une face  
réfléchissante. Ce plan est orienté dans l'exemple de  
la figure 1C selon le plan yoz.

15 Dans des variantes décrites ultérieurement,  
les positions peuvent être obtenues non plus par  
rotation de l'élément de déflexion mais par translation  
de l'élément de déflexion selon une direction  
quelconque. Cette translation induit la déflexion des  
20 faisceaux optiques selon des axes de rotation de  
direction parallèle à au moins une des directions  
potentielles ou bien inclus dans un plan formé par la  
direction de propagation donnée et la direction  
potentielle principale.

25 Les positions potentielles que peut prendre  
l'élément de déflexion peuvent être avantageusement des  
positions discrètes prédéterminées. En variante,  
l'élément de déflexion peut se déplacer en continu et  
prendre une pluralité de positions continues.

30 On peut prévoir par exemple pour l'élément  
de déflexion 1 plusieurs positions potentielles

discrètes mécaniquement prédéterminées. Dans l'exemple décrit, on a prévu deux positions extrêmes prédéterminées mécaniquement qui correspondent aux bornes. Dans chacune d'entre elles, l'élément de  
5 déflexion 1 est sollicité, il est arrêté contre une butée 3. La position potentielle principale peut être une position médiane entre les deux positions extrêmes en butée. Elle correspond dans ce cas à une position de repos. Lors du fonctionnement, il est possible que la  
10 position potentielle principale ne soit pas une position choisie pour l'élément de déflexion.

Plus de deux ou trois positions discrètes prédéterminées sont utilisables comme on le verra sur les figures 6.

15 L'élément de renvoi 2 lui est fixe, il peut être placé en aval de l'élément de déflexion 1 comme sur la figure 1A ou en amont comme sur la figure 1B. Un intérêt de ces structures est qu'il est possible que le faisceau optique d'entrée f1 ait une direction de  
20 propagation parallèle à celle prise par le faisceau optique de sortie f2 lorsque l'élément de déflexion est dans la position principale potentielle.

Deux éléments de renvoi 2a, 2b peuvent être prévus l'un en amont et l'autre en aval de l'élément de  
25 déflexion. Cette configuration permet de garantir la colinéarité entre les directions et pas seulement le parallélisme évoqué plus haut.

Sur la figure 1A, le faisceau optique qui arrive sur l'élément de déflexion 1 est un faisceau  
30 optique incident intermédiaire f1' car le faisceau optique d'entrée f1 a été orienté par l'élément de

renvoi 2 placé en amont de l'élément de déflexion 1. Le faisceau optique de sortie f2 est directement le faisceau optique défléchi par l'élément de déflexion 1. Sur la figure 1B le faisceau optique qui arrive sur l'élément de déflexion 1 est le faisceau d'entrée f1 du module de déflexion optique. Le faisceau optique qui est défléchi par l'élément de déflexion 1 est un faisceau défléchi intermédiaire f'2 différent du faisceau optique de sortie f2. Le faisceau optique de sortie f2 est le faisceau optique défléchi intermédiaire f'2 réorienté par l'élément de renvoi 2.

La figure 1C combine les structures de figures 1A et 1B. Le faisceau optique qui arrive sur l'élément de déflexion 1 est un faisceau optique incident intermédiaire f'1 correspondant au faisceau optique d'entrée f1 après orientation par l'élément de renvoi 2a, le faisceau optique f'2 défléchi par l'élément de déflexion 1 est un faisceau optique défléchi intermédiaire qui va être renvoyé par l'élément de renvoi 2b pour donner le faisceau optique de sortie f2 du module de déflexion optique.

L'élément de déflexion 1 peut être par exemple un miroir de déviation. Ces miroirs possèdent un plan de déflexion (dans ce cas de réflexion) qui correspond au plan de leur face réfléchissante.

Sur les figures 1, le faisceau optique qui arrive sur l'élément de déflexion 1 que ce soit le faisceau optique d'entrée f1 ou le faisceau optique intermédiaire f'1 possède une incidence égale à  $\beta$  (angle que fait le faisceau optique sur l'élément de déflexion par rapport à une normale au plan de

déflexion). Si l'élément de déflexion tourne d'un angle  $\pm \Delta\theta$  autour de l'axe y, le faisceau défléchi par l'élément de déflexion 1 subit une déviation de  $2\Delta\theta$ . Dans l'exemple de la figure 1C, avec deux éléments de renvoi 2a, 2b, on s'arrange pour que les deux miroirs 2a, 2b soient symétriques par rapport au plan yox, c'est-à-dire par rapport à un plan perpendiculaire à la direction potentielle principale d2. De la sorte si le faisceau d'entrée f1 est colinéaire à l'axe z et que l'élément de déflexion 1 est en position potentielle principale, le faisceau de sortie f2 est colinéaire à l'axe z. Si l'élément de déflexion 1 tourne soit d'un angle  $+\Delta\theta$ , soit d'un angle  $-\Delta\theta$ , les faisceaux optiques de sortie f2 dans ces deux positions seront symétriques par rapport à l'axe z et décalés de cet axe z de  $2\Delta\theta$ . On démontre que pour qu'un faisceau optique arrive sur l'élément de déflexion 1 avec un angle  $\beta$ , il faut que l'angle  $\alpha$  d'inclinaison des éléments de renvoi 2a, 2b par rapport aux faisceaux qui arrivent sur eux soit égal à  $\alpha = \pi/4 - \beta/2$ . Sur les figures 1, un angle  $\beta$  égal à  $\pi/4$  a été choisi. Mais bien sûr cette valeur n'est pas limitative.

Dans les exemples des figures 1, la direction donnée du faisceau optique d'entrée est une direction fixe. Mais un module de déflexion optique selon l'invention est réversible. Cela signifie qu'il peut également recevoir un faisceau optique d'entrée 37 qui a une direction prise parmi un ensemble de directions potentielles et délivrer un faisceau optique de sortie 35 ayant une direction fixe comme l'illustre

le module de déflexion optique M'a ou M'b de la matrice de sortie MAS de la figure 3A. Le faisceau optique de sortie est colinéaire (ou parallèle s'il n'y a qu'un seul élément de renvoi) à la direction potentielle principale de l'ensemble des directions potentielles obtenue avec l'élément de déflexion en position potentielle principale.

Un tel module de déflexion optique redresse alors le faisceau optique d'entrée 37 pour le rendre colinéaire au faisceau optique d'entrée fla, flb d'un module de déflexion optique Ma, Mb de la matrice d'entrée MAE.

En variante, le module de déflexion optique de l'invention peut intercepter un faisceau optique d'entrée ayant une direction prise parmi un ensemble de directions potentielles et délivrer un faisceau optique de sortie ayant une direction également prise parmi un autre ensemble de directions potentielles. Cette variante est illustrée par les modules de déflexion optique M21 de la seconde colonne de la matrice d'entrée MAE ou les modules de déflexion optique M'11 de la première colonne de la matrice de sortie MAS de la figure 3B.

La présente invention concerne également une matrice de déflexion optique qui comporte plusieurs modules de déflexion optique ainsi définis. La figure 2 montre un premier exemple de matrice selon l'invention. La figure 3A illustre un autre exemple d'une telle matrice de déflexion optique au sein d'un dispositif de routage qui sera décrit ultérieurement.

La matrice de déflexion optique comporte donc plusieurs modules de déflexion optique qui sont contenus dans un même plan xoz matérialisé dans l'exemple des figures 2 et 3A, 3B par le plan de la  
5 feuille. Les éléments de déflexion 1 ont donc des plans de déflexion qui sont de préférence parallèles ou confondus lorsqu'ils sont tous dans la position potentielle principale. Cette configuration correspond au cas où il y a deux éléments de renvoi.

10 Ces modules de déflexion optique sont arrangés en au moins une ligne et/ou au moins une colonne. Sur la figure 2, il n'y a qu'une seule ligne, et les modules de déflexion optique M1, M2 sont en cascade. Ils comportent deux éléments de renvoi.

15 Le premier module optique M1 fournit à partir d'un faisceau optique d'entrée f1 un premier faisceau optique de sortie f2 apte à prendre n (n entier supérieur ou égal à deux) directions potentielles discrètes prédéterminées (correspondant à  
20 n positions discrètes déterminées mécaniquement de l'élément de déflexion du module M1). Le module de déflexion optique M2, suivant dans la cascade, fournit à partir d'un second faisceau d'entrée f11, un second faisceau optique de sortie f22 apte à prendre, pour une  
25 position du second faisceau optique d'entrée f11, m directions potentielles discrètes prédéterminées (m entier supérieur ou égal à 2) correspondant à m positions discrètes déterminées mécaniquement de l'élément de déflexion du module M2. Le second faisceau  
30 optique d'entrée f11 correspond au premier faisceau de sortie f2 ayant traversé un élément de conjugaison



optique 8. Il peut prendre  $n$  directions potentielles discrètes prédéterminées, déduites de celles du premier faisceau optique de sortie  $f2$ . Globalement dans la matrice, le second faisceau optique de sortie  $f22$  est  
5 apte à prendre  $m \times n$  directions potentielles discrètes prédéterminées. L'élément de conjugaison optique 8, inséré entre deux modules  $M1$ ,  $M2$  successifs de la cascade assure un grandissement angulaire entre les différents modules de déflexion optique. Cet élément de  
10 conjugaison optique 8 peut être réalisé par un doublet de lentilles par exemple. Les modules de déflexion optique peuvent être identiques ou non. Une telle matrice a un rôle de multiplicateur de directions. Si une matrice comporte dans une même ligne des modules de  
15 déflexion à deux éléments de renvoi et plusieurs éléments de conjugaison optique 8, ces derniers sont alignés.

La figure 3A montre un dispositif de routage  $2 \times 2$  selon l'invention. Il comporte une matrice  
20 de déflexion optique d'entrée MAE et une matrice de déflexion optique de sortie MAS. Dans cet exemple les matrices de déflexion optiques sont disposées dans un même plan. La matrice de déflexion optique d'entrée MAE comporte plusieurs  $k$  (deux) modules de déflexion  
25 optique  $Ma$ ,  $Mb$  arrangés en une colonne. Il y a donc  $k$  (deux) faisceaux optiques d'entrée  $f1a$ ,  $f1b$ . Dans cet exemple les  $k$  faisceaux optiques d'entrée  $f1a$ ,  $f1b$  sont parallèles. Chacun des modules  $Ma$ ,  $Mb$  intercepte un des faisceaux optiques d'entrée  $f1a$ ,  $f1b$  et fournit un  
30 faisceau optique de sortie défléchi  $f2a$ ,  $f2b$ . Chacun des faisceaux optiques de sortie  $f2a$ ,  $f2b$  est apte à

prendre 1 directions potentielles prédéterminées  
correspondant à 1 positions prédéterminées  
mécaniquement de l'élément de déflexion des modules Ma,  
Mb et on dispose de k faisceaux optiques de sortie f2a,  
5 f2b.

Les figures 11A, 11B montrent à la manière  
des figures 13A, 13B déjà décrites, en trois  
dimensions, deux exemples d'une ligne d'une matrice  
selon l'invention. Une telle ligne comporte en cascade  
10 un élément de mise en forme 33, un premier module de  
déflexion Ma à deux éléments de renvoi, un premier  
élément de conjugaison optique 34, un second module de  
déflexion M'a à deux éléments de renvoi, un second  
élément de conjugaison optique 34, un troisième module  
15 de déflexion suit mais il n'a pas été représenté pour  
ne pas surcharger les figures. Deux modules de  
déflexion Ma, M'a encadrent un élément de conjugaison  
optique 34. Les éléments de conjugaison sont alignés,  
leurs axes optiques sont colinéaires. L'élément de mise  
20 en forme 33 est aussi aligné avec les éléments de  
conjugaison 34. Son axe optique est colinéaire avec  
ceux des éléments de mise en forme 34. L'élément de  
déflexion 1 de chacun des modules de déflexion Ma, M'a  
est apte à se déplacer en rotation autour d'un axe y  
25 qui est perpendiculaire à au moins une des directions  
potentielles, à savoir la direction principale. On voit  
bien dans cet exemple que la structure est linéaire, ce  
qui n'était pas le cas dans l'art antérieur. Les  
directions principales des deux modules de déflexion  
30 Ma, Ma' sont colinéaires. La direction de propagation  
du faisceau optique d'entrée f1a est aussi colinéaire à

prendre 1 directions potentielles prédéterminées correspondant à 1 positions prédéterminées mécaniquement de l'élément de déflexion des modules Ma, Mb et on dispose de k faisceaux optiques de sortie f2a, f2b.

Les figures 11A, 11B montrent à la manière des figures 13A, 13B déjà décrites, en trois dimensions, deux exemples d'une ligne d'une matrice selon l'invention. Une telle ligne comporte en cascade un élément de mise en forme 33, un premier module de déflexion Ma à deux éléments de renvoi, un premier élément de conjugaison optique 39, un second module de déflexion M'a à deux éléments de renvoi, un second élément de conjugaison optique 39, un troisième module de déflexion suit mais il n'a pas été représenté pour ne pas surcharger les figures. Deux modules de déflexion Ma, M'a encadrent un élément de conjugaison optique 39. Les éléments de conjugaison sont alignés, leurs axes optiques sont colinéaires. L'élément de mise en forme 33 est aussi aligné avec les éléments de conjugaison 39. Son axe optique est colinéaire avec ceux des éléments de mise en forme 33. L'élément de déflexion 1 de chacun des modules de déflexion Ma, M'a est apte à se déplacer en rotation autour d'un axe y qui est perpendiculaire à au moins une des directions potentielles, à savoir la direction principale. On voit bien dans cet exemple que la structure est linéaire, ce qui n'était pas le cas dans l'art antérieur. Les directions principales des deux modules de déflexion Ma, Ma' sont colinéaires. La direction de propagation du faisceau optique d'entrée f1a est aussi colinéaire à

ces directions principales. La figure 11B est similaire à la figure 11A à l'exception du fait que l'élément de déflexion 1 des modules de déflexion est mobile autour d'un axe  $x$  qui est parallèle à au moins une des directions potentielles. Il s'agit de la direction principale. Cet axe est contenu dans un plan formé par la direction donnée et par la direction potentielle principale.

Dans ces deux exemples (figures 2 et 3A), les positions potentielles principales ne sont pas toujours des positions discrètes données à l'élément de déflexion lors du fonctionnement. Ce dernier peut ne prendre que deux positions extrêmes. Si la position principale est utilisée, cela rajoute une direction supplémentaire au faisceau optique de sortie.

En position principale, les plans de déflexion des éléments de déflexion de tous les modules sont parallèles ou confondus. Dans d'autres configurations, ce ne sera pas le cas.

Avant de décrire plus en détails le dispositif de routage de la figure 3A, on va décrire encore un exemple de matrice selon l'invention qui est illustré sur les figures 4A et 4B. Il s'agit d'une matrice de déflexion optique à plusieurs lignes et plusieurs colonnes similaire à celle MAE de la figure 3A. Tous ses modules de déflexion optique M11, M21 sont placés dans un même plan  $xoz$ , au sein d'un même substrat de base 100 (de plan principal  $xoz$ ), et sont répartis en quatre lignes et deux colonnes. La matrice comporte donc  $4 \times 2$  modules de déflexion optique. Les

modules d'une colonne sont référencés M11 et les modules de l'autre colonne M21.

Chacun des modules est similaire à celui de la figure 1C avec deux éléments de renvoi 2a, 2b placés de part et d'autre d'un élément de déflexion 1 de type miroir. Ces modules de déflexion optique sont gravés ou moulés dans l'épaisseur du substrat de base 100. Des conduits 101 sont aussi gravés ou moulés dans le substrat de base 100 pour permettre la propagation des faisceaux optiques d'entrée, les faisceaux optiques de sortie quelle que soit leur direction et les faisceaux optiques intermédiaires. Ainsi un alignement des éléments correspondants dans les différentes colonnes et/ou lignes peut être aisément réalisé et aucun réglage du positionnement des éléments de déflexion et des éléments de renvoi n'est nécessaire.

Un zoom permet de distinguer en détail un module de déflexion optique. Les éléments de renvois 2a, 2b sont réalisés par deux parois en V obtenues par gravure ou moulage. Elles sont sensiblement perpendiculaires au plan xoz du substrat de base 100. Les éléments de renvoi 2a, 2b sont symétriques par rapport à un plan qui est perpendiculaire à la direction potentielle principale.

Le miroir de déflexion 1 est placé dans une cavité 4 creusée dans le substrat de base 100 ayant un fond et des parois. Il comporte une plaquette 5 ayant une face avant réfléchissante, face aux éléments de renvoi 2a, 2b et une face arrière solidaire d'un bras de liaison 6 destiné à la relier au substrat de base 100, au niveau d'une paroi de la cavité 4. La face

réfléchissante est sensiblement perpendiculaire au plan xoz. Ce bras de liaison 6 a un rôle de charnière, il permet à la plaquette 5 de pivoter autour d'un axe dirigé selon oy et passant indifféremment par  
5 l'extrémité du bras de liaison 6 solidaire du substrat de base 100 ou bien par l'extrémité du bras de liaison 6 solidaire de la plaquette 5. La plaquette 5 et le bras de liaison 6 sont espacés du fond de la cavité 4. Le déplacement de la plaquette 5 se fait, à la manière  
10 d'un balancier, dans le plan xoz et la face réfléchissante de la plaquette 5 reste sensiblement perpendiculaire au plan xoz.

L'élément de déflexion 1 peut prendre plusieurs positions angulaires qui sont avantageusement  
15 discrètes et prédéterminées et dont certaines extrêmes sont matérialisées par des butées 3 formées par des zones, de géométrie appropriée, de la paroi de la cavité situées en regard de la face arrière de la plaquette 5. Sur la figure 4A, les éléments de  
20 déflexion 1 sont dans une position angulaire de repos sans contact avec les butées 3, dans cette position médiane le bras de liaison 6 est en position de repos sans sollicitation.

On va maintenant décrire des moyens  
25 d'actionnement de l'élément de déflexion 1. Dans cet exemple, il s'agit de moyens électrostatiques avec plusieurs paires d'électrodes formées d'une électrode fixe et d'une électrode mobile. La face arrière de la plaquette 5 est dotée de part et d'autre du bras de  
30 liaison 6 de deux électrodes mobiles e1, e2. Il peut s'agir de zones métallisées. La paroi de la cavité 4

comporte, face à chacune de ces électrodes mobiles e1, e2, une électrode fixe cel, ce2 respectivement de manière à former la paire. Ces électrodes fixes sont reliées par des conducteurs 7 à un circuit de commande  
5 (non représenté) prévu pour fournir des signaux de commande de la position que doit prendre l'élément de déflexion 1.

Les électrodes fixes cel, ce2 et les conducteurs 7 peuvent être réalisées sur un substrat  
10 auxiliaire 102 tel que celui représenté sur la figure 4B qui est retourné et ensuite rapporté et fixé par exemple par collage sur le substrat 100 de base.

En l'absence de signal, l'élément de déflexion 1 est dans sa position de repos médiane.  
15 Lorsqu'un signal est appliqué sur l'électrode fixe cel, il y a attraction de l'électrode mobile e1 en regard et pivotement du bras de liaison 6 de manière à ce que l'extrémité de la plaquette 5 se trouvant du côté de l'électrode mobile e1 vienne se plaquer contre la butée  
20 3 en regard. Tant que le signal s'applique, la plaquette 5 reste en butée. Lorsqu'un signal s'applique sur l'autre électrode fixe ce2, le même phénomène se produit au niveau de l'autre butée.

La présence des deux éléments de renvoi 2a, 2b permet aux différents modules de la matrice d'être  
25 arrangés en lignes parallèles et en colonnes parallèles les unes aux autres respectivement.

On peut prévoir dans le substrat de base 100, un ou plusieurs logements 103 devant accueillir  
30 des éléments de conjugaison optique 8, chacun insérés entre deux modules successifs d'une même ligne. Ces

logements peuvent être des rainures en V ce qui permet de faciliter le positionnement précis et le réglage des éléments de conjugaison optique 8 en forme de cylindre de révolution. Si nécessaire, l'ensemble du substrat 100 est métallisé pour disposer d'un coefficient de réflexion aussi bon que possible.

Le fait que les modules M11, M21 soient répartis en plusieurs colonnes sensiblement parallèles permet d'utiliser des éléments de conjugaison optique, par exemple sous forme de doublets de lentilles, regroupés en une barrette placée sensiblement parallèlement à une colonne de modules comme illustré sur la figure 3A décrite ultérieurement. Ici aussi, cette barrette permet de faciliter le réglage et le positionnement de ces doublets de lentilles.

On va maintenant décrire un module de déflexion similaire à ceux montrés sur la figure 11B, dans lequel l'élément de déflexion est apte à se déplacer en rotation autour d'un axe qui est contenu dans un plan formé par la direction potentielle principale et la direction donnée. On se réfère à la figure 12A. Seule une partie du module de déflexion se trouve sur le substrat de base 100, il s'agit des éléments de renvoi 2a, 2b. Les faisceaux optiques ne sont pas représentés. L'élément de déflexion 1 est placé sur un substrat auxiliaire 102. Des moyens d'actionnement, schématisés par un bloc, par exemple de nature similaire à ceux décrits précédemment, peuvent être également placés sur le substrat auxiliaire 102. L'élément de déflexion 1 est solidaire de deux charnières 1.3 qui le relie au substrat auxiliaire



logements peuvent être des rainures en V ce qui permet de faciliter le positionnement précis et le réglage des éléments de conjugaison optique 8 en forme de cylindre de révolution. Si nécessaire, l'ensemble du substrat  
5 100 est métallisé pour disposer d'un coefficient de réflexion aussi bon que possible.

Le fait que les modules M11, M21 soient répartis en plusieurs colonnes sensiblement parallèles permet d'utiliser des éléments de conjugaison optique, par exemple sous forme de doublets de lentilles, regroupés en une barrette placée sensiblement  
10 parallèlement à une colonne de modules comme illustré sur la figure 3B décrite ultérieurement. Ici aussi, cette barrette permet de faciliter le réglage et le  
15 positionnement de ces doublets de lentilles.

On va maintenant décrire un module de déflexion similaire à ceux montrés sur la figure 11B, dans lequel l'élément de déflexion est apte à se déplacer en rotation autour d'un axe qui est contenu  
20 dans un plan formé par la direction potentielle principale et la direction donnée. On se réfère à la figure 12A. Seule une partie du module de déflexion se trouve sur le substrat de base 100, il s'agit des éléments de renvoi 2a, 2b. Les faisceaux optiques ne  
25 sont pas représentés. L'élément de déflexion 1 est placé sur un substrat auxiliaire 102. Des moyens d'actionnement, schématisés par un bloc, par exemple de nature similaire à ceux décrits précédemment, peuvent être également placés sur le substrat auxiliaire 102.  
30 L'élément de déflexion 1 est solidaire de deux charnières 1.3 qui le relie au substrat auxiliaire

102. Le substrat auxiliaire 102 est évidé au voisinage de l'élément de déflexion pour permettre sa rotation. Le substrat de base 100 comporte des moyens de support 105 du substrat auxiliaire 102. Dans l'exemple, le  
5 substrat de base 100 comporte une cavité 106 dans laquelle sont placés les éléments de renvoi 2a, 2b, cette cavité est délimitée par des parois 105 qui matérialisent les moyens de support. Les éléments de renvoi 2a, 2b sont symétriques par rapport à un plan  
10 qui est perpendiculaire à la direction de propagation potentielle principale. Le substrat auxiliaire 102 est rapporté et fixé par exemple par collage au substrat de base 100.

L'ouverture référencée 101 dans une des  
15 parois 105 matérialise un conduit permettant la propagation d'un faisceau optique d'entrée ou d'un faisceau optique de sortie quelles que soient leurs directions de propagation.

La figure 12B montre à la manière de la  
20 figure 4A, un exemple de matrice selon l'invention utilisant des modules de déflexion similaires à ceux de la figure 12A. Cette matrice ne comporte qu'une seule colonne de modules de déflexion M11. Il est facile de réaliser sur un même substrat de base 100, par des  
25 techniques classiques en microélectronique, plusieurs couples d'éléments de renvoi 2a, 2b. Le fait de placer les éléments de déflexion 1 sur le substrat auxiliaire 102 permet de les réaliser aisément par une technologie planaire classique en microélectronique. Le substrat de  
30 base 100 peut comporter, comme évoqué plus haut des logements 103 pour un ou plusieurs éléments de

conjugaison optique 8. En amont des modules de déflexion, on a représenté des éléments de mise en forme 107.

On va voir maintenant un exemple de procédé de fabrication d'un module de déflexion optique conforme à l'invention, ce procédé utilise les techniques de la micro-électronique. Ce module de déflexion optique a un élément de déflexion 1 similaire à celui représenté sur le zoom de la figure 4A. Le motif de la cavité 4 et des butées 3 a été simplifié par rapport à l'exemple de la figure 4A.

Bien entendu, ce procédé peut être employé pour réaliser une matrice de modules et même un dispositif de routage comprenant une matrice de modules de déflexion optique en entrée et une matrice de modules de déflexion optique en sortie. La gravure des différents modules se fait simultanément. Il suffit de prévoir également des emplacements ou des logements pour les autres éléments optiques qui composent la matrice de déflexion optique (comme celui référencé 4 sur la figure 4A) ou qui composent le dispositif de routage. Ces autres éléments optiques seront décrits ultérieurement en référence aux figures 3B, 3C.

On se réfère aux figures 5A à 5D. On part d'un substrat formé d'une paire de couches 20, 21 (avec une couche inférieure 20 et une couche supérieure 21), isolantes ou semi-conductrices par exemple, prenant en sandwich une couche sacrificielle 22 par exemple en oxyde de silicium. La couche supérieure 21 de la paire a une épaisseur de l'ordre de quelques centaines de micromètres. La couche sacrificielle 22 n'occupe qu'une

partie de la superficie des deux couches 20, 21 de la paire, cette partie correspond au moins à l'emprise que doit avoir la plaquette formant l'élément de déflexion et le bras de liaison.

5                   La figure 5A montre la couche inférieure 20 du sandwich et la couche sacrificielle 22, tandis que la figure 5B montre la totalité du sandwich, mais dans ce cas la couche sacrificielle n'est plus visible.

10                   Par une étape de gravure profonde dans la couche supérieure de la paire et dans la couche sacrificielle en s'arrêtant sur la couche inférieure de la paire, on délimite le contour de la plaquette 5 et du bras de liaison 6 conduisant à l'élément de déflexion 1. On réalise aussi les surfaces en V  
15                   conduisant aux éléments de renvoi 2a, 2b (figure 5C). Le bras de liaison 6 a une extrémité solidaire du substrat supérieur 23 de la paire. On prévoit également le contour des butées 3. On élimine ensuite la couche sacrificielle 22 sous la plaquette 5 et sous le bras de  
20                   liaison 6 de manière à les libérer. La plaquette 5 et le bras de liaison 6 sont en surplomb au-dessus de la couche inférieure 20. Les surfaces réfléchissantes sont obtenues par métallisation.

25                   D'autres techniques de réalisation peuvent être employées. On peut envisager de réaliser un moulage de matériau plastique par exemple à base de polymère dopé ou non. La technique de moulage se prête bien à la réalisation de ces modules de déflexion optique, de ces matrices de déflexion optique et de ces  
30                   dispositifs de routage, car elle permet d'obtenir des pièces assez épaisses à faible coût. Une métallisation

du polymère est souhaitable pour bénéficier d'un coefficient de réflexion satisfaisant pour les éléments de renvoi et de déflexion.

On va voir maintenant un autre exemple de module de déflexion optique selon l'invention. On se réfère aux figures 6A à 6C. Ces figures sont des figures partielles, aucun élément de renvoi n'est montré pour ne pas surcharger les figures. Comme sur les figures précédentes, l'élément de déflexion 1 de type miroir, prend la forme d'une plaquette 5 solidaire d'un bras de liaison 6 relié à un support fixe 110. Dans l'exemple des figures 4, le support était matérialisé par le substrat de base. Le ou les éléments de renvoi seraient aussi solidaires de ce support 110. L'élément de déflexion 1 est apte à prendre quatre positions angulaires discrètes prédéterminées définies mécaniquement par deux butées doubles 30a, 30b, solidaires du support 110. Ces butées doubles sont positionnées comme les butées simples 3 de la figure 4A. L'expression butée double signifie une butée qui est apte à prendre deux positions distinctes selon le niveau de sollicitation qu'elle reçoit.

On a représenté sur la figure 6A, l'élément de déflexion 1 en position principale, sans contact avec les butées doubles 20a, 20b. Chaque butée double 20a, 20b comporte une première butée 20.1a, 20.1b et une seconde butée 20.2a, 20.2b en cascade. La première butée 20.1a, 20.1b, en forme de languette, est apte à arrêter la plaquette 5, définissant ainsi pour l'élément de déflexion 1 une première position définie mécaniquement. Cette position est illustrée sur la

figure 6B, la plaquette 5 venant en butée sur la première butée 20.1a. La plaquette 5 a tourné d'un angle  $\alpha_1$  par rapport à la position de repos de la figure 6A. Cette rotation se fait autour d'un axe dirigé perpendiculairement au plan de la feuille passant par l'extrémité du bras de liaison 6 côté plaquette 5. La première butée 20.1a, 20.1b grâce à sa forme de languette est apte à se fléchir si une pression supérieure à un seuil s'applique sur elle. Elle peut alors basculer jusqu'à venir, elle-même, en butée contre la second butée 20.2a, 20.2b qui est fixe. Sur la figure 6C, la plaquette 5, tout en restant appuyée contre la première butée 20.1a, s'est inclinée d'un angle  $\alpha_2$  et a pris une autre position mécaniquement définie. En définitif, l'élément de déflexion 1 a tourné d'un angle  $\alpha_1 + \alpha_2$  par rapport à sa position initiale de repos. Le même phénomène se produit lorsque l'élément de déflexion 1 bascule dans l'autre sens et que l'autre butée double 20b coopère avec lui, autorisant deux autres positions angulaires définies mécaniquement.

Une variante de ce mode de réalisation est illustrée aux figures 6D à 6F. Au lieu que ce soit la butée qui comporte une languette, c'est maintenant l'élément de déflexion 1 qui est doté d'au moins une languette 5.1 qui lorsqu'elle coopère avec une butée 20 simple solidaire du substrat 110, est apte à prendre deux positions distinctes. Sur la figure 6D, l'élément de déflexion 1 est en position de repos, aucune de ses butées 5.1 étant en contact avec la butée 20 du substrat 110. Sur la figure 6E, l'élément de déflexion

a pivoté d'un angle  $\alpha_1$  et la languette 5.1 est venue en contact avec la butée 20 du substrat. Une force F a été appliquée sur l'élément de déflexion 1 à proximité de la languette 5.1. A partir de cette position, si on applique une force F' suffisante sur l'élément de déflexion 1 à proximité de la languette 5.1, cette dernière est apte à prendre une autre position en se fléchissant, ce qui permet à l'élément de déflexion 1 de s'incliner d'un angle  $\alpha_2$  à partir de l'inclinaison  $\alpha_1$ .

On va voir maintenant un autre mode de réalisation du module de déflexion optique selon l'invention en se référant aux figures 7A, 7B. Comme précédemment, ces figures ne représentent que partiellement le module de déflexion optique, aucun élément de renvoi n'ayant été représenté. L'élément de déflexion est un miroir. L'élément de déflexion repose sur un socle 31 dirigé selon le plan xoz apte à se déplacer en rotation autour d'un axe sensiblement perpendiculaire au plan xoz. Le socle 31 est relié par une accroche fine 6.1 au support 110. L'axe de rotation passe par cette accroche 6.1. Les moyens d'actionnement de l'élément de déflexion 1 comportent deux jeux d'électrodes en peigne 9.1, 9.2 destinés à coopérer. Le socle 31 est aussi relié à un 9.1 des jeux d'électrodes en peigne qui est mobile. Cette liaison se fait par l'intermédiaire d'un bras de liaison 6.2. L'autre jeu d'électrodes en peigne 9.2 est fixe et est solidaire du support 110. L'attache du bras de liaison 6.2 avec le socle 31 est décalée du point d'attache de l'accroche fine 6.1 de manière à ce qu'un déplacement du socle en

rotation puisse se faire. Sur la figure, le socle 31 est représenté rectangulaire, le point d'attache de l'accroche fine 6.1 se trouve sur un côté du rectangle et le point d'attache du bras de liaison 6.2 sur un autre côté. Lors de l'interaction entre les deux jeux d'électrodes en peigne 9.1, 9.2, le jeu d'électrodes mobile 9.1 se déplace en translation entraînant dans son mouvement le basculement du socle 31 autour de l'axe.

On va s'intéresser maintenant à un autre mode de réalisation d'un module de déflexion optique selon l'invention dans lequel, au lieu de se déplacer en rotation, l'élément de déflexion 1 est apte à se déplacer en translation. On se réfère à la figure 8A, qui est une vue de dessus du module de déflexion optique.

Jusqu'à présent les éléments de déflexion de type miroir possédaient une seule face de réflexion. On distingue dans cette configuration un élément de déflexion 1 et de part et d'autre deux éléments de renvoi 2a, 2b. L'élément de déflexion 1 est de type miroir avec deux faces réfléchissantes 1.1, 1.2 agencées en V et donc positionnées dans des plans différents. L'intersection des deux faces réfléchissantes 1.1, 1.2 forme une arête qui est perpendiculaire au plan xoz. Les directions potentielles d2, d3, d4 de propagation du faisceau optique de sortie f2 sont contenues dans le plan xoz. La direction d1 du faisceau optique d'entrée f1 est colinéaire avec la direction potentielle principale d2 qui est médiane avec les directions potentielles d3,



d4. Dans cet exemple, il s'agit de la direction principale d2 qui est obtenue lorsqu'un faisceau optique percute l'élément de déflection 1 au niveau de l'arête du V. L'élément de déflection est alors dans sa position principale.

Le déplacement de l'élément de déflection 1 se fait dans le plan xoz selon une direction parallèle à au moins une des directions potentielles. Plus particulièrement, cette translation se fait parallèlement à la direction principale d2 et donc parallèlement la direction d1 du faisceau optique d'entrée f1. Cette translation se fait entre deux butées 3 fixes qui matérialisent deux positions potentielles discrètes extrêmes définies mécaniquement et qui bornent l'ensemble des positions potentielles. Ces positions extrêmes conduisent aux deux directions potentielles d3 et d4. La direction principale est une direction médiane. Les moyens d'actionnement de l'élément de déflection peuvent être réalisés par des paires d'électrodes similaires à celles des figures 4A, 4B. Les électrodes fixes seraient localisées sur les butées 3 et les électrodes mobiles sur les faces d'extrémité de l'élément de déflection, en regard des électrodes fixes. Les électrodes n'ont pas été représentées pour ne pas surcharger la figure. Ce module de déflection est bien entendu également réversible.

Sur la figure 8B on a représenté uniquement un autre mode de réalisation de l'élément de déflection 1 apte à remplacer celui de la figure 8A. Au lieu de se déplacer en translation parallèlement à une des

directions potentielles, il est apte à se déplacer en translation perpendiculairement à au moins une des directions potentielles. Dans cet exemple il s'agit toujours de la direction principale d2. L'élément de  
5 déflexion comporte, dans cet exemple, deux faces réfléchissantes 1.1, 1.2 inclinées selon des plans différents dont l'intersection définit un axe R. L'axe R est un axe de rotation des faces réfléchissantes 1.1, 1.2. Ces faces sont côte à côte dans la direction du  
10 déplacement et tête-bêche. La direction du déplacement est parallèle à l'axe R de rotation. La translation desdites faces 1.1, 1.2 selon la direction est équivalente à une rotation desdites faces 1.1, 1.2 selon l'axe R.

15 La figure 9 illustre une variante d'une matrice avec deux modules de déflexion optique M1, M2. Cette matrice de déflexion optique comporte deux modules de déflexion optique agencés en colonne avec pour chacun : un élément de déflexion 1 et deux  
20 éléments de renvoi 2a, 2b. Dans ce mode de réalisation, les directions d1a, d1b des faisceaux d'entrée f1a, f1b ne sont pas parallèles entre elles. Il en est de même pour les directions (non référencées) des faisceaux de sortie f2a, f2b en sortie des modules M1, M2. Les  
25 éléments de déflexion 1 sont des miroirs avec une face de réflexion et en position de repos les faces de réflexion ne sont pas parallèles entre elles.

De plus, le débattement des éléments de déflexion 1 n'est pas identique d'un module de  
30 déflexion optique M1 à l'autre M2. Les butées 3 qui matérialisent des positions extrêmes mécaniquement

déterminées des deux éléments de déflexion 1 ne sont pas identiques. Leur épaisseur est différente ce qui fait que, en position de repos, l'espace 10.1, 10.2 qui sépare l'élément de déflexion 1 d'une butée 3 n'est pas le même d'un module de déflexion optique M1 à l'autre M2. Dans l'exemple l'espace 10.1 présent dans le module M1 est plus petit que l'espace 10.2 présent dans le module M2. Cette caractéristique aurait pu être présente dans les matrices de déflexion optique des exemples précédents.

On va revenir maintenant sur la description d'un dispositif de routage en se référant aux figures 3A à 3C. Le dispositif de routage de la figure 3A est un dispositif de routage point par point, il a une structure très simple à deux voies d'entrée et deux voies de sortie.

Ce dispositif de routage permet de coupler chacune de  $n$  (deux) voies d'entrée optique 32 à l'une quelconque de  $n'$  (deux) voies de sortie optique 36. De façon plus générale, le nombre de voies d'entrée  $n$  n'est pas forcément égal au nombre  $n'$  de voies de sortie. Le nombre de voies d'entrée  $n$  est inférieur ou égal au nombre  $n'$  de voies de sortie.

Ce dispositif de routage comporte, en cascade, une matrice de déflexion optique d'entrée MAE reliée aux voies d'entrée optiques 32, un module de liaison 34, une matrice de déflexion optique de sortie MAS reliée aux voies de sortie optique 36. Les voies d'entrée 32 sont matérialisées dans cet exemple par des fibres optiques. Elles aptes à véhiculer chacune un faisceau optique d'entrée fla, flb pénétrant dans la

matrice de déflexion optique d'entrée MAE. Tous les modules de déflexion optique constituant la matrice de déflexion optique d'entrée MAE et la matrice de déflexion optique de sortie MAS sont agencés dans un même plan xoz ou dans des plans parallèles. Les modules de déflexion optique Ma, Mb de la matrice d'entrée MAE et les modules de déflexion optique M'a, M'b de la matrice de sortie MAS forment deux à deux des lignes qui sont parallèles.

10 La matrice de déflexion optique d'entrée MAE a déjà été décrite plus haut. Les directions de propagation des faisceaux d'entrée f1a, f1b sont colinéaires avec une direction de propagation potentielle des faisceaux de sortie f2a, f2b.

15 Le module de liaison 34 est destiné à rassembler de façon biunivoque sur 1 points de focalisation spatiale les 1 directions potentielles de la matrice de déflexion optique d'entrée MAE. Il est apte à générer kx1 faisceaux optiques intermédiaires 37 de directions comprises dans un ensemble de 1 directions. Il peut être formé d'une ou plusieurs lentilles ou d'un ou plusieurs miroirs.

20 La matrice de déflexion optique de sortie MAS est similaire à la matrice de déflexion optique d'entrée MAE mais fonctionne de manière inversée. Elle est apte à intercepter les kx1 faisceaux optiques intermédiaires 37 (qui représentent ses faisceaux optiques d'entrée) et à générer à partir de ces kx1 faisceaux optiques intermédiaires 37, j faisceaux optiques de sortie 38 qui sont tous parallèles aux k faisceaux optiques d'entrée f1a, f1b de la matrice

d'entrée MAE. Ces  $j$  faisceaux optiques de sortie 38 peuvent être véhiculés par des fibres optiques de sortie 36 matérialisant les voies de sortie optique. Le nombre  $j$  est égal au nombre  $l$ . On a généralement  $j$  égal

5 k.

Plus précisément, chaque module de déflexion optique  $M'a$ ,  $M'b$  reçoit un faisceau d'entrée (un faisceau intermédiaire 37), ce faisceau intermédiaire 37 peut se propager selon une direction prise parmi  $l$  directions potentielles. Ces directions sont fonction des  $l$  directions potentielles des faisceaux  $f2a$ ,  $f2b$  de sortie de la matrice d'entrée MAE et plus particulièrement des positions potentielles prises par le faisceau optique de sortie  $f2a$  qui après avoir traversé la module de liaison 34 va être intercepté par le module  $M'a$ . Chaque module de déflexion optique  $M'a$ ,  $M'b$  fournit un faisceau de sortie 38 se propageant selon une direction donnée fixe qui est la direction des faisceaux d'entrée  $f1a$ ,  $f1b$  de la matrice d'entrée MAE. Cette matrice de sortie MAS a un rôle de diviseur de positions angulaires. Les faisceaux d'entrée dans la matrice d'entrée MAE sont contenus dans un plan. Les faisceaux de sortie de la matrice d'entrée MAE sont contenus dans un autre plan. Les plans sont parallèles ou confondus.

Les faisceaux d'entrée 37 dans la matrice de sortie MAS sont contenus dans un plan. Les faisceaux de sortie 38 de la matrice de sortie MAS sont contenus dans un autre plan. Les plans sont confondus ou parallèles. De plus le plan des faisceaux de sortie de la matrice d'entrée et le plan des faisceaux d'entrée

de la matrice de sortie MAS sont également confondus ou parallèles.

Avant de pénétrer dans la matrice d'entrée MAE, les k faisceaux optiques d'entrée fla, flb  
5 traversent un module de mise en forme 33. Le module de mise en forme 33 sert à imager les faisceaux optiques fla, flb issus des fibres optiques d'entrée 32 sur les éléments de déflexion optique. Le module de mise en forme 33 peut comporter une lentille ou un miroir pour  
10 chacun des faisceaux d'entrée fla, flb. Les faisceaux optiques avant et après mise en forme portent la même référence pour ne pas multiplier inutilement les notations.

Les faisceaux optiques 38 qui émergent de  
15 la matrice de déflexion optique de sortie MAS traversent un module de mise en forme de sortie 35. Ce module de mise en forme de sortie 35 est similaire au module de mise en forme d'entrée 33 et il a le même rôle. De la même manière, on a référencé de la même  
20 manière les faisceaux de sortie 38 de la matrice de sortie MAS et les faisceaux de sortie 38 du module de mise en forme de sortie 35.

Sur les figures 3B et 3C, on a représenté en vue de dessus et en trois dimensions un dispositif  
25 de routage un peu plus complexe avec quatre voies d'entrée optique et quatre voies de sortie optique parallèles entre elles. La matrice d'entrée MAE est comparable à celle illustrée sur la figure 4A. La matrice de sortie MAS est comparable à la matrice  
30 d'entrée MAE mais elle fonctionne en inverse. La matrice d'entrée a un rôle de multiplicateur de

directions potentielles et celle de sortie MAS de diviseur de directions potentielles.

Ainsi dans cet exemple, avec deux positions discrètes mécaniquement déterminées pour chaque module de déflexion optique, les faisceaux d'entrée des modules de déflexion optique M11 de la première colonne de la matrice d'entrée MAE ont une direction donnée fixe.

Les faisceaux de sortie des modules de déflexion optique M11 de la première colonne de la matrice de déflexion optique d'entrée MAE sont aptes à prendre deux directions potentielles discrètes déterminées mécaniquement.

Les faisceaux d'entrée des modules de déflexion optique M21 de la seconde colonne de la matrice d'entrée MAE sont aptes à prendre deux directions potentielles discrètes déterminées mécaniquement.

Les faisceaux de sortie des modules de déflexion optique M21 de la seconde colonne de la matrice d'entrée MAE sont aptes à prendre quatre directions potentielles discrètes déterminées mécaniquement.

Les faisceaux d'entrée des modules de déflexion optique M'11 de la première colonne de la matrice de sortie MAS sont aptes à prendre quatre directions potentielles discrètes déterminées mécaniquement.

Les faisceaux de sortie des modules de déflexion optique M'11 de la première colonne de la matrice de déflexion optique de sortie MAS sont aptes à

prendre deux directions potentielles discrètes déterminées mécaniquement.

5 Les faisceaux d'entrée des modules de déflexion optique M'21 de la seconde colonne de la matrice de sortie MAS sont aptes à prendre deux directions potentielles discrètes déterminées mécaniquement.

10 Les faisceaux de sortie des modules de déflexion optique M'21 de la seconde colonne de la matrice de sortie MAS sont aptes à prendre une direction donnée fixe.

15 Sur la figure 3C, on a représenté supporté par un substrat commun 120, en cascade, un module de mise en forme d'entrée 33 prenant l'aspect d'une barrette, une matrice d'entrée MAE (similaire à celle de la figure 4A), un module de liaison 34 prenant l'aspect d'une barrette, une matrice de sortie MAS (similaire à celle de la figure 4A), un module de mise en forme de sortie 35 prenant l'aspect d'une barrette.  
20 Des fibres optiques 32 sont reliées en entrée du module de mise en forme d'entrée 33, des fibres optiques 36 émergent du module de mise en forme de sortie 35.

25 Les matrices d'entrée MAE et de sortie MAS d'un dispositif de routage selon l'invention ne sont pas toujours coplanaires ou placées dans des plans parallèles comme illustré sur la figure 10. Au moins un dispositif de renvoi 11 peut être inséré soit en amont, soit en aval du module de liaison 34, c'est à dire soit entre la matrice de déflexion optique d'entrée MAE et  
30 le module de liaison 34, soit entre le module de liaison 34 et la matrice de déflexion optique de sortie



MAS. Dans l'exemple de la figure 10, il y a un dispositif de renvoi 11 de chaque côté du module de liaison 34.

Bien qu'un certain nombre de modes de réalisation de la présente invention aient été représentés et décrits de façon détaillée, on comprendra que différents changements et modifications puissent être apportés sans sortir du cadre de l'invention. Notamment, les modules de déflexion optique des matrices et des dispositifs de routage peuvent comporter un seul élément de renvoi au lieu de deux.

#### 15 RÉFÉRENCES CITÉES

[1] « Scalable optical cross-connect switch using micromachined mirrors » Paul M HAGELIN et al, IEEE Photonics Technologies letters, vol 12, NO. 7, July 2000, pages 882-884.

20 [2] FR-A-2 821 678.

[3] FR-A-2 821 681

## REVENDICATIONS

1. Module de déflexion optique apte à fournir :

- à partir d'un faisceau optique d'entrée (f1) ayant une direction de propagation donnée (d1), un faisceau optique de sortie (f2) ayant une direction de propagation prise dans un premier ensemble de directions potentielles (d2, d3, d4), ou
- à partir d'un faisceau optique d'entrée (37) ayant une direction de propagation prise dans un second ensemble de directions potentielles, un faisceau optique de sortie (38) ayant une direction de propagation donnée,

caractérisé en ce qu'il comporte un unique élément de déflexion (1) du faisceau optique d'entrée apte à prendre plusieurs positions potentielles qui sont en relation avec les directions potentielles du premier ensemble ou du second ensemble et au moins un élément de renvoi fixe (2a, 2b, 2) disposé en amont ou en aval de l'élément de déflexion (1), une position potentielle principale de l'élément de déflexion conduisant à une direction principale (d2) du premier ensemble ou du second ensemble, cette direction principale étant colinéaire ou parallèle avec la direction de propagation donnée (d1) du faisceau optique d'entrée ou du faisceau optique de sortie.

2. Module de déflexion selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte deux éléments de renvoi (2a, 2b) fixes, situés de part et d'autre de l'élément de déflexion (1).

3. Module de déflexion optique selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la direction donnée est une direction fixe ou est prise  
5 parmi plusieurs directions potentielles.

4. Module de déflexion selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le premier ou le second ensemble de directions potentielles  
10 comporte des directions discrètes prédéterminées.

5. Module de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'élément de déflexion (1) est un miroir.  
15

6. Module de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'au moins une position potentielle de l'élément de déflexion (1) est une position discrète mécaniquement prédéterminée.  
20

7. Module de déflexion selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'une butée (20, 20a) définit au moins une position mécaniquement prédéterminée de l'élément de déflexion (1) en  
25 l'arrêtant.

8. Module de déflexion selon la revendication 7, caractérisé en ce que la butée (20a) est une butée double comprenant une languette (20.1a)  
30 apte à prendre deux positions distinctes, dans l'une des positions la languette étant fléchie.

9. Module de déflexion selon l'une des revendications 7 ou 8, caractérisé en ce qu'une languette (5.1) est solidaire de l'élément de déflexion (1), cette languette (5.1) étant apte à prendre deux positions distinctes en appui sur la butée (20), dans une de ces positions la languette étant fléchie.

10. Module de déflexion selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que la position potentielle principale de l'élément de déflexion (1) est une position dans laquelle il est au repos.

11. Module de déflexion selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que l'élément de déflexion (1) est apte de se déplacer en rotation autour d'un axe (y) perpendiculaire à au moins une des directions potentielles.

12. Module de déflexion selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que l'élément de déflexion est apte à se déplacer en rotation autour d'un axe (x) contenu dans un plan formé par la direction donnée (d1) et la direction potentielle principale (d2).

13. Module de déflexion selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que l'élément de déflexion (1) comporte au moins deux faces réfléchissantes (1.1, 1.2) positionnées dans des plans différents et est apte à se déplacer en translation de

manière à générer une rotation des plans suivant un axe (R) formé par l'intersection desdits plans.

14. Module de déflexion optique, selon  
5 l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que l'élément de déflexion (1) comporte un bras de liaison (6) qui le relie à une partie fixe (100).

15. Module de déflexion optique selon l'une  
10 des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que l'élément de déflexion (1) est sur un socle mobile (31).

16. Module de déflexion optique selon la  
15 revendication 15, caractérisé en ce que le socle mobile (31) est solidaire d'un bras de liaison (6.2) qui le relie à une partie fixe (100).

17. Module de déflexion optique selon l'une  
20 des revendications 1 à 16, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens d'actionnement de l'élément de déflexion de type électrostatique comportant au moins une paire d'électrodes (e1, cel), éventuellement en peigne interdigitées.

25

18. Module de déflexion optique selon l'une  
des revendications 1 à 17, caractérisé en ce qu'il comporte des conduits (101) pour guider les faisceaux optiques d'entrée et de sortie.

30

19. Module de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 18, caractérisé en ce qu'il est réalisé, au moins partiellement, par des techniques employées en micro-électricité.

5

20. Module de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 18, caractérisé en ce qu'il est réalisé, au moins partiellement, par des techniques de moulage.

10

21. Module de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 20, caractérisé en ce qu'il est réalisé, au moins partiellement, par des techniques de report.

15

22. Module de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 21, caractérisé en ce qu'il comporte deux éléments de renvoi (2a, 2b) qui sont symétriques par rapport à un plan perpendiculaire à la direction de propagation potentielle principale (d2).

20

23. Matrice de déflexion optique comportant une pluralité de modules de déflexion optique (Ma, Mb) selon l'une des revendications 1 à 22, dont les éléments de déflexion possèdent un plan de déflexion, caractérisée en ce que les modules (Ma, Mb) sont placés dans un même plan.

25

24. Matrice de déflexion optique selon la revendication 23, caractérisée en ce que les plans de

30

déflexion des éléments de déflexion (1), dans leur position principale, sont parallèles ou confondus.

5           25. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 23 ou 24, caractérisée en ce que les modules de déflexion optique ( $M_{11}$ ,  $M_{21}$ ) sont arrangés en au moins une ligne et/ou au moins une colonne.

10           26. Matrice de déflexion optique selon la revendication 25, caractérisée en ce que deux modules de déflexion optique ( $M_1$ ,  $M_2$ ) successifs dans une ligne sont séparés par un élément de conjugaison optique (8).

15           27. Matrice de déflexion optique selon la revendication 26, caractérisée en ce que lorsqu'elle comporte dans une même ligne des éléments de conjugaison optique (34) et que les modules de déflexion optique ( $M_a$ ,  $M'_a$ ) comportent deux éléments de renvoi (2a, 2b), les éléments de conjugaison optique  
20           (34) ont des axes optiques colinéaires.

            28. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 23 à 27, caractérisée en ce  
25           que, lorsqu'elle comporte plusieurs modules de déflexion optique en colonne ( $M_{11}$ ) et que les faisceaux optiques ont chacun une direction de propagation fixe, les directions de propagation sont parallèles.

30           29. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 26 à 28, caractérisée en ce

déflexion des éléments de déflexion (1), dans leur position principale, sont parallèles ou confondus.

25. Matrice de déflexion optique selon  
5 l'une des revendications 23 ou 24, caractérisée en ce que les modules de déflexion optique (M11, M21) sont arrangés en au moins une ligne et/ou au moins une colonne.

10 26. Matrice de déflexion optique selon la revendication 25, caractérisée en ce que deux modules de déflexion optique (M1, M2) successifs dans une ligne sont séparés par un élément de conjugaison optique (8).

15 27. Matrice de déflexion optique selon la revendication 26, caractérisée en ce que lorsqu'elle comporte dans une même ligne des éléments de conjugaison optique (39) et que les modules de déflexion optique (Ma, M'a) comportent deux éléments de  
20 renvoi (2a, 2b), les éléments de conjugaison optique (39) ont des axes optiques colinéaires.

28. Matrice de déflexion optique selon  
25 l'une des revendications 23 à 27, caractérisée en ce que, lorsqu'elle comporte plusieurs modules de déflexion optique en colonne (M11) et que les faisceaux optiques ont chacun une direction de propagation fixe, les directions de propagation sont parallèles.

30 29. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 26 à 28, caractérisée en ce



que, lorsqu'elle comporte plusieurs colonnes, les éléments de conjugaison optique (8) séparant deux modules de déflexion optique appartenant à des colonnes successives sont regroupés en barrette.

5

30. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 23 à 29, caractérisée en ce que les modules de déflexion optique sont groupés sur un substrat commun (100) qui inclut au moins un  
10 logement (103) pour un ou plusieurs éléments de conjugaison optique (8).

31. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 23 à 30, caractérisée en ce  
15 qu'au moins une partie (2a, 2b) des modules de déflexion est groupée sur un substrat commun (100), ce substrat (100) comprenant des moyens de support (105) du reste des modules et au moins un logement (103) pour un ou plusieurs éléments de conjugaison optique.

20

32. Dispositif de routage destiné à coupler chacune d'une pluralité de voies optiques d'entrée (32) à l'une quelconque d'une pluralité de voies optiques de sortie (36) véhiculant des faisceaux optiques,  
25 caractérisé en ce qu'il comporte une matrice de déflexion optique d'entrée (MAE) selon l'une des revendications 23 à 31, reliée aux voies optiques d'entrée, une matrice de déflexion optique de sortie (MAS) selon l'une des revendications 23 à 31, reliée  
30 aux voies optiques de sortie et un module de liaison (34) entre les deux matrices d'entrée et de sortie.

33. Dispositif de routage selon la revendication 32, caractérisé en ce qu'il comporte en amont de la matrice de déflexion optique d'entrée (MAE)  
5 un module de mise en forme (33) des faisceaux optiques véhiculés par les voies d'entrée.

34. Dispositif de routage selon l'une des revendications 32 ou 33, caractérisé en ce qu'il  
10 comporte en aval de la matrice de déflexion optique (MAS) de sortie un module de mise en forme (35) des faisceaux optiques devant être véhiculés par les voies de sortie.

35. Dispositif de routage selon l'une des revendications 32 à 34, caractérisé en ce que les voies optiques d'entrée (32) et les voies optiques de sortie (36) sont parallèles entre elles.  
15

36. Dispositif de routage selon l'une des revendications 32 à 35, caractérisé en ce qu'au moins un dispositif de renvoi (11) est placé entre la matrice de déflexion optique d'entrée (MAE) et le module de liaison (34) et/ou entre le module de liaison (34) et  
20 la matrice de déflexion optique de sortie (MAS).  
25

Fig. 1A

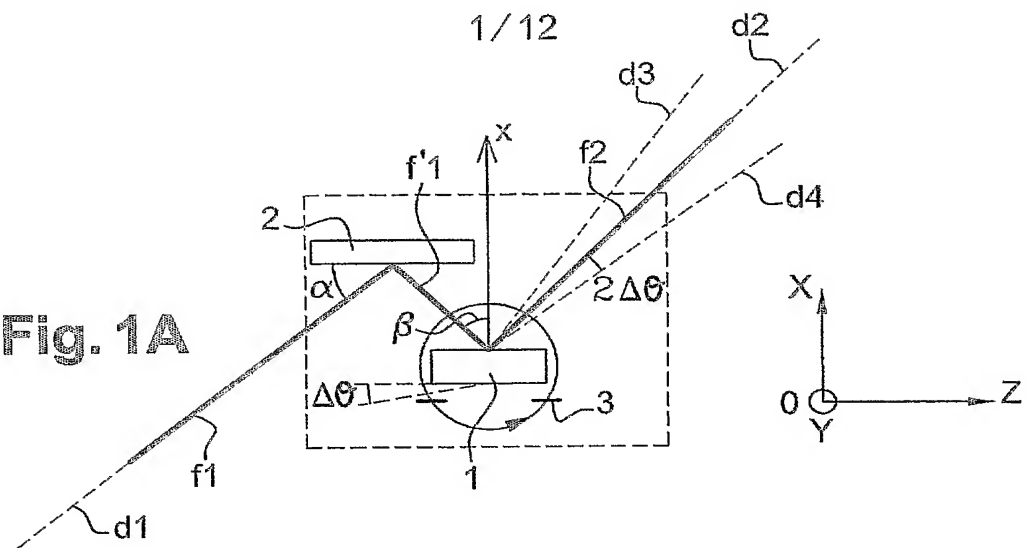


Fig. 1B

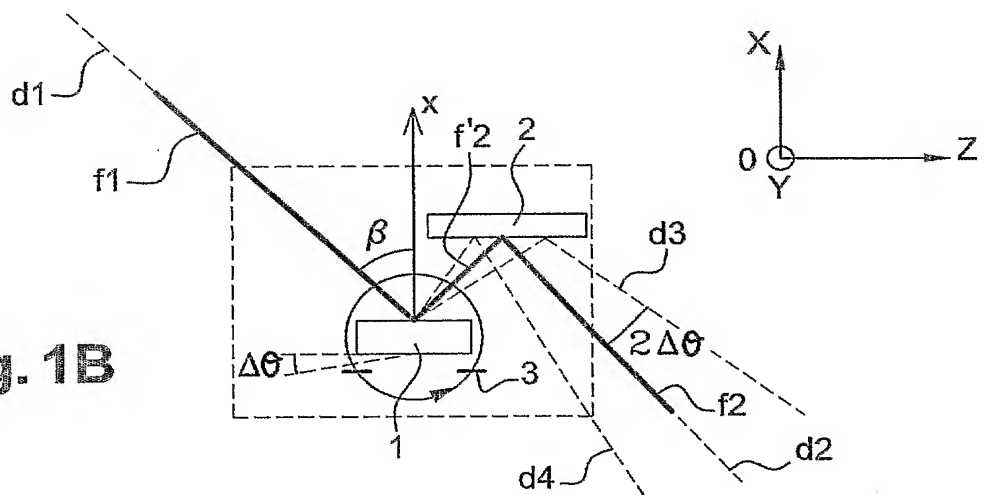
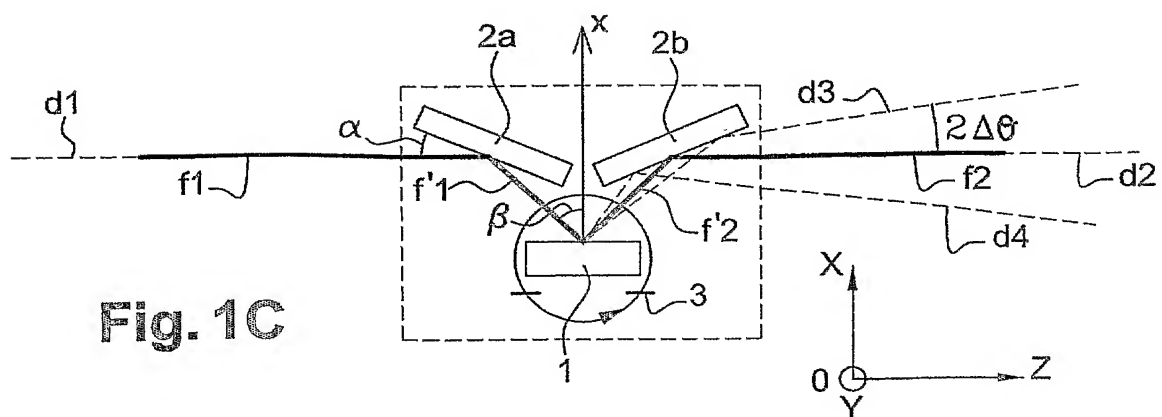
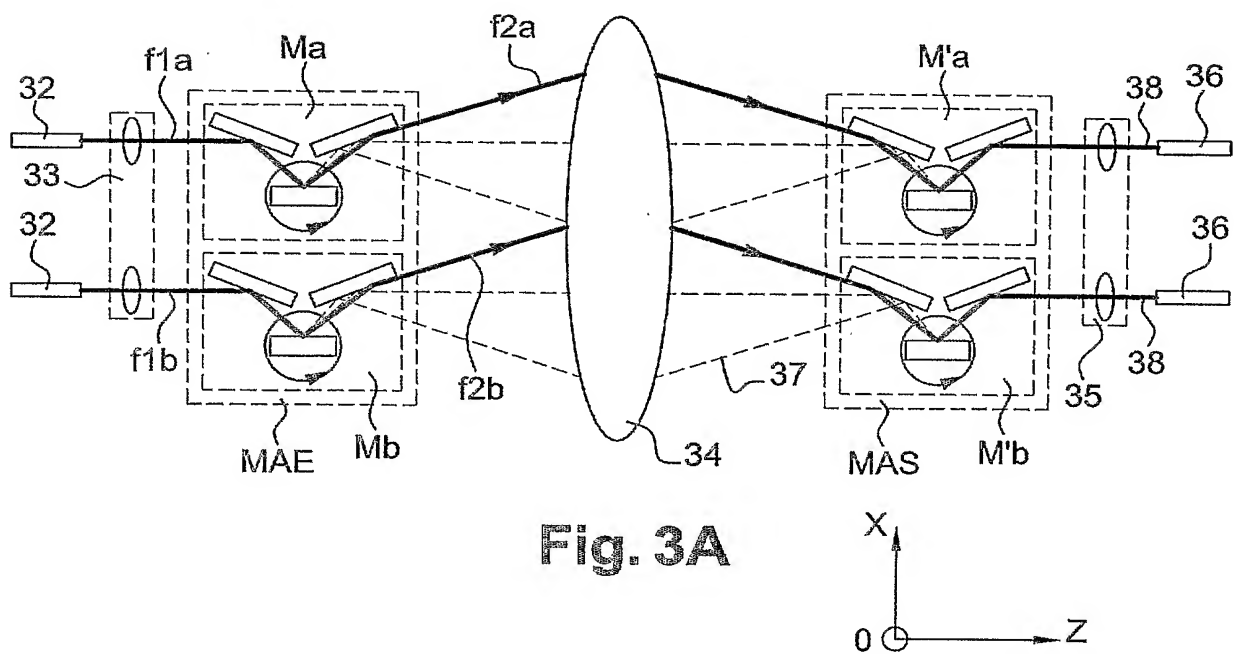
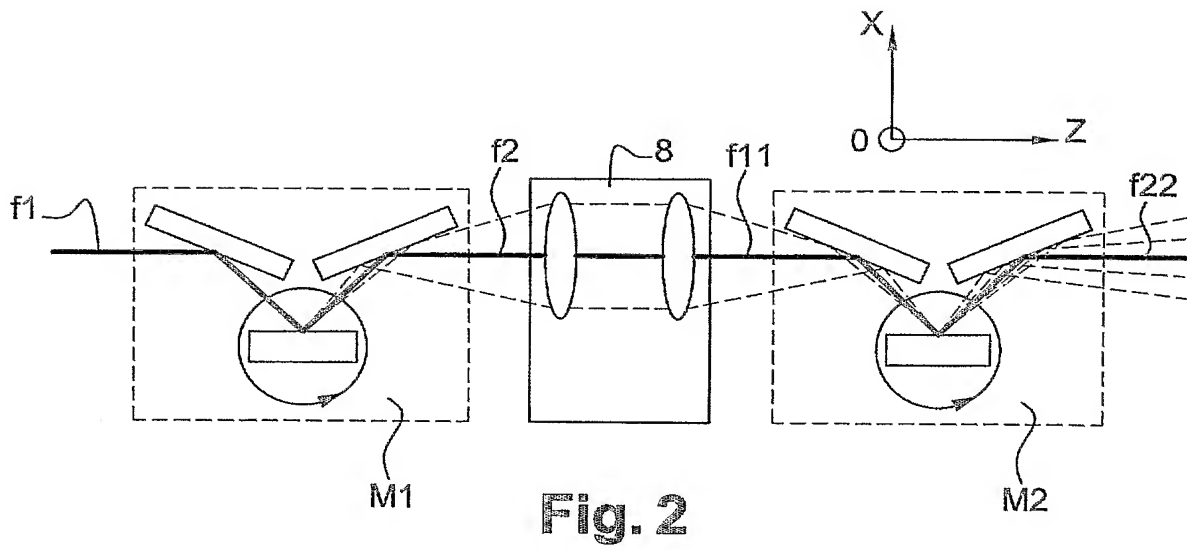
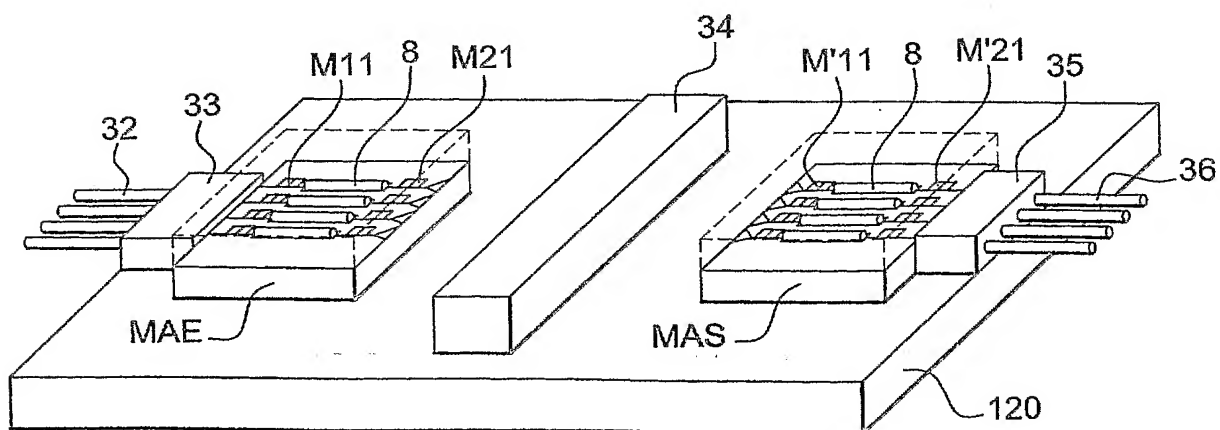
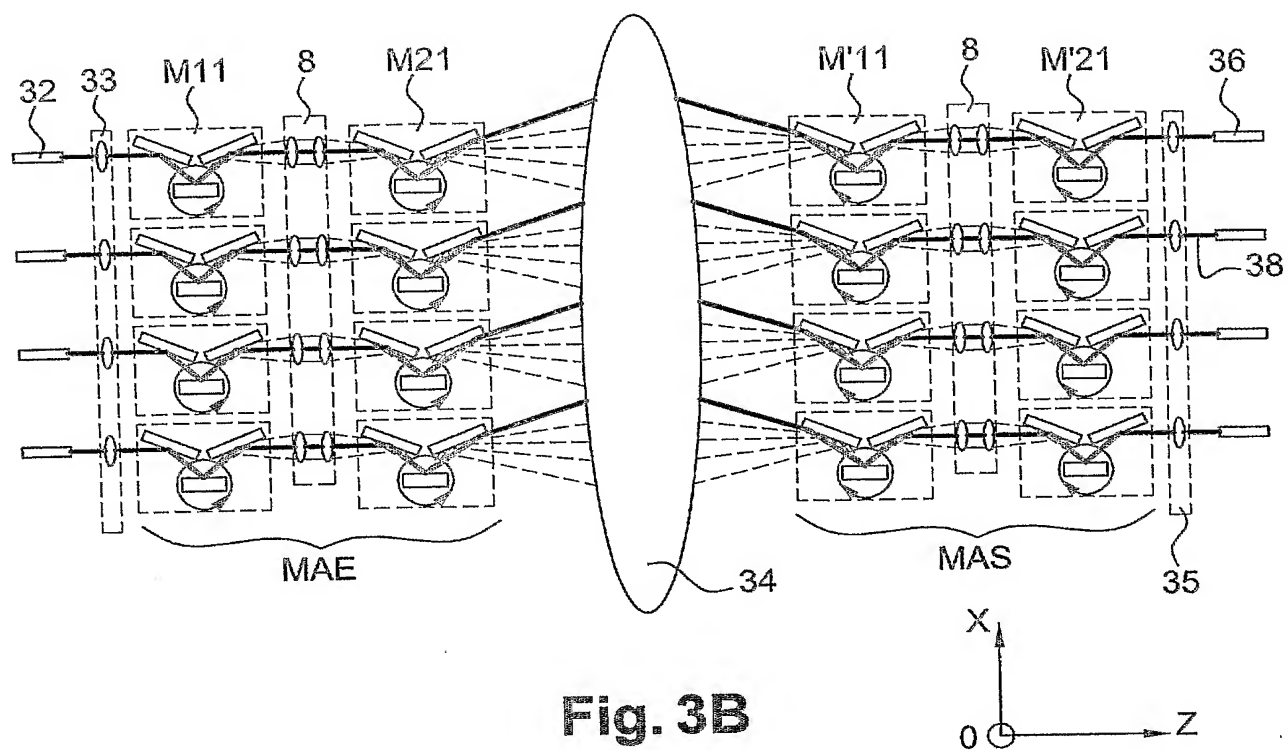


Fig. 1C





3 / 12



4 / 12

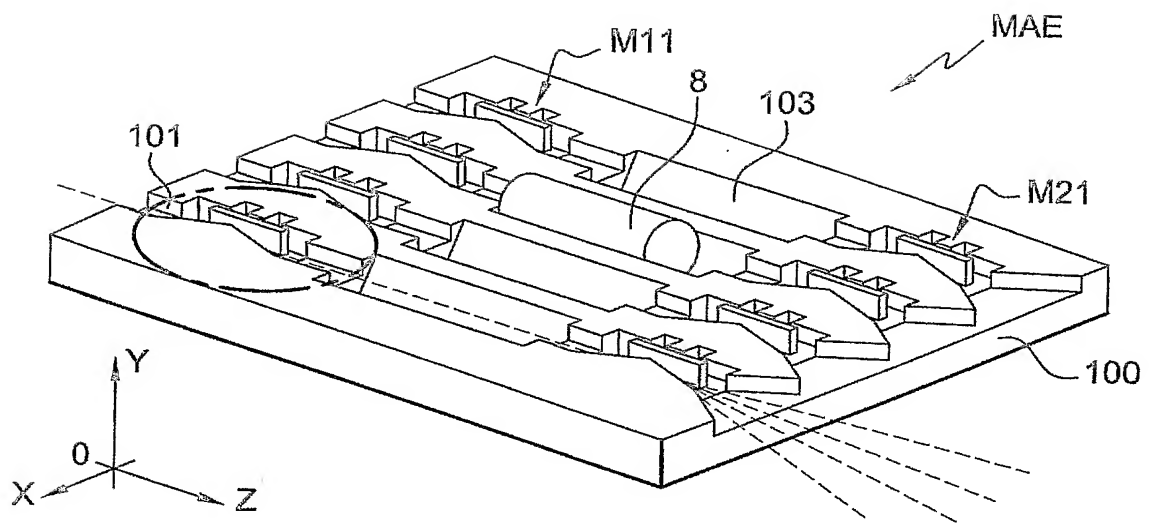


Fig. 4A

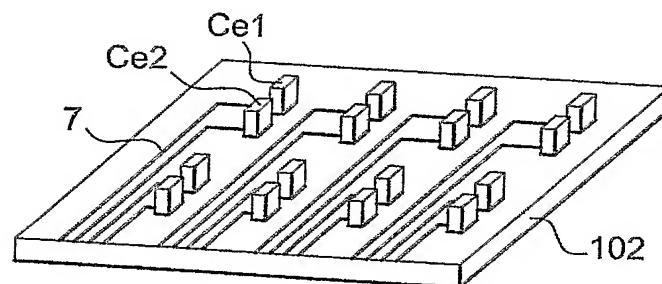
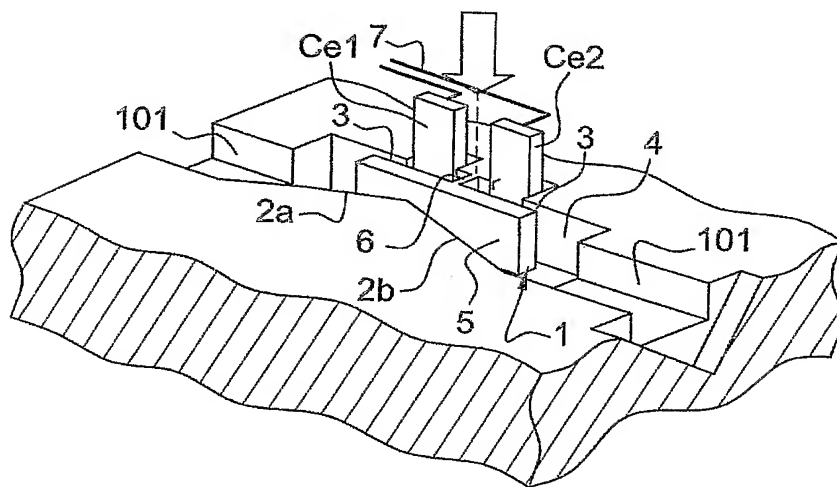
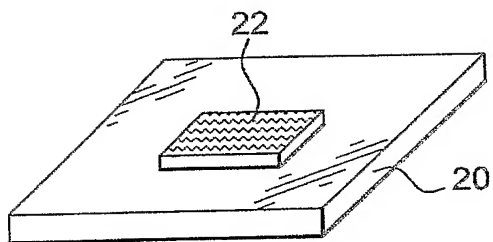
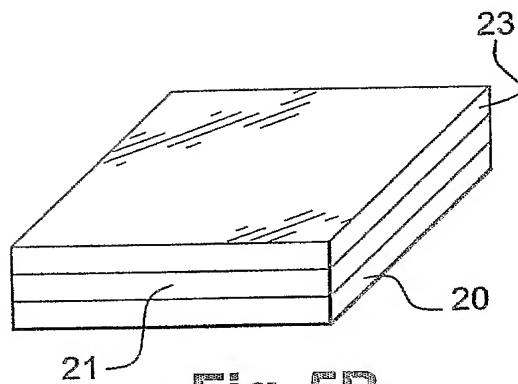


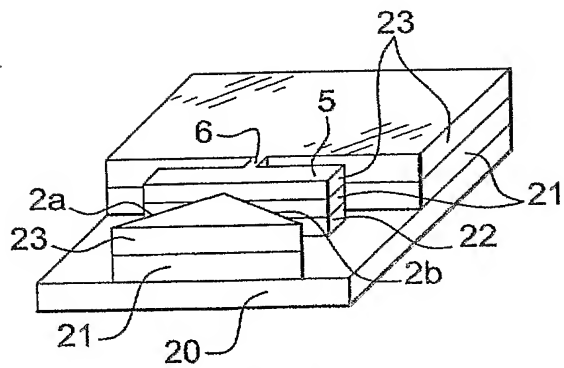
Fig. 4B



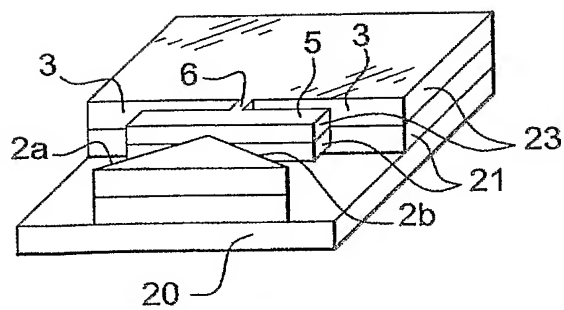
**Fig. 5A**



**Fig. 5B**

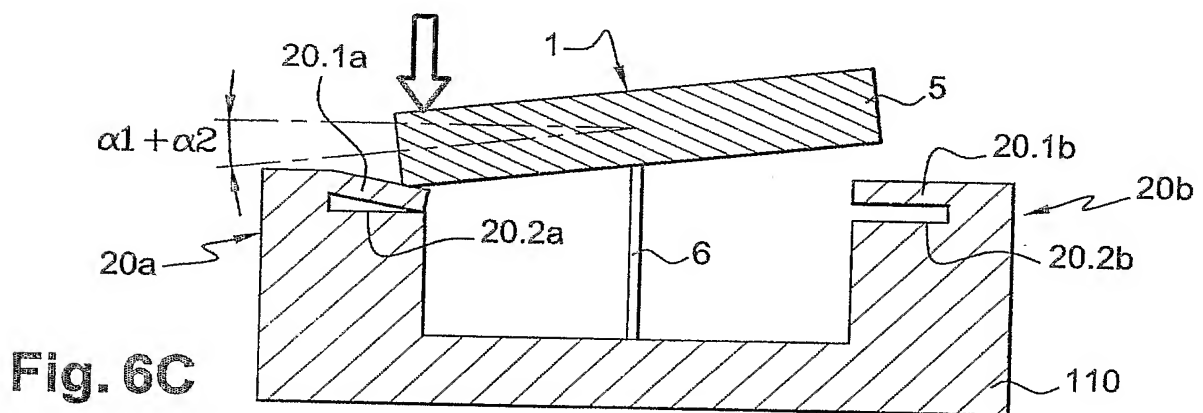
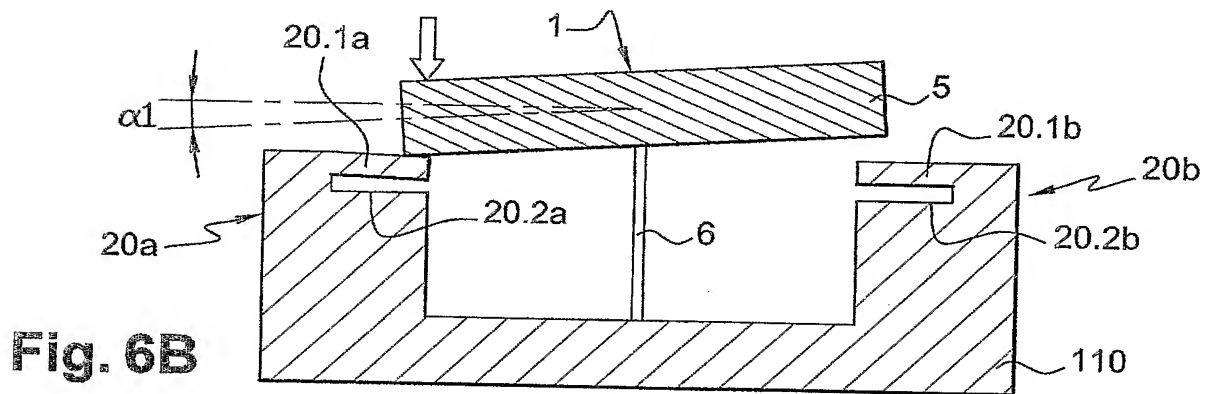
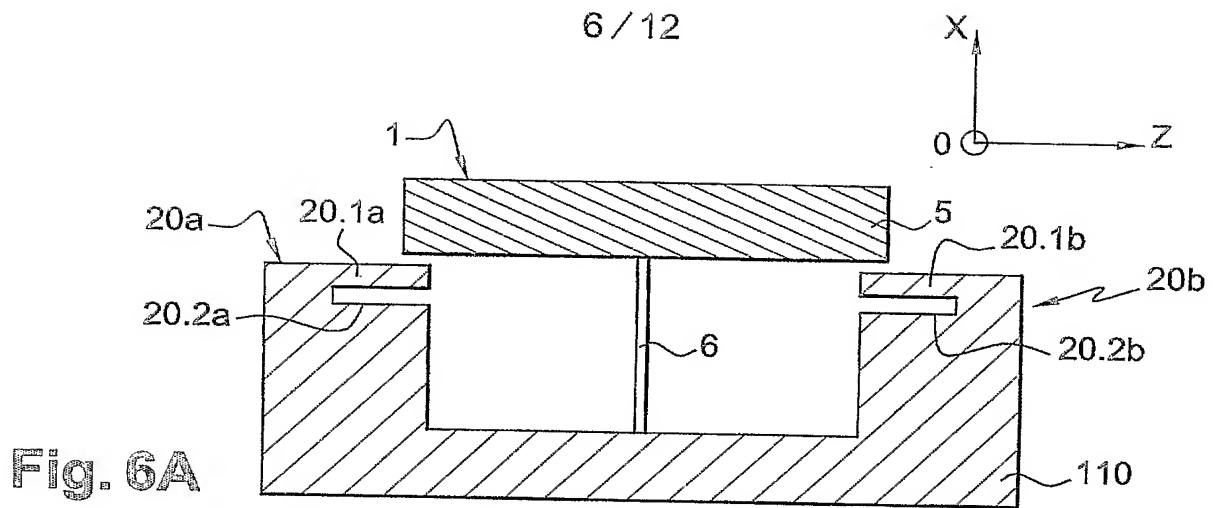


**Fig. 5C**



**Fig. 5D**

6 / 12





7 / 12

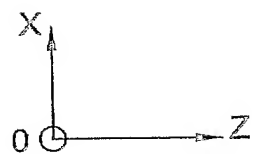


Fig. 6D

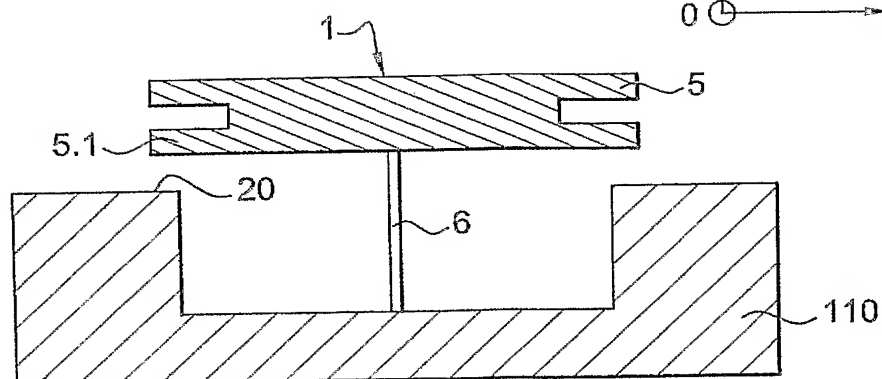


Fig. 6E

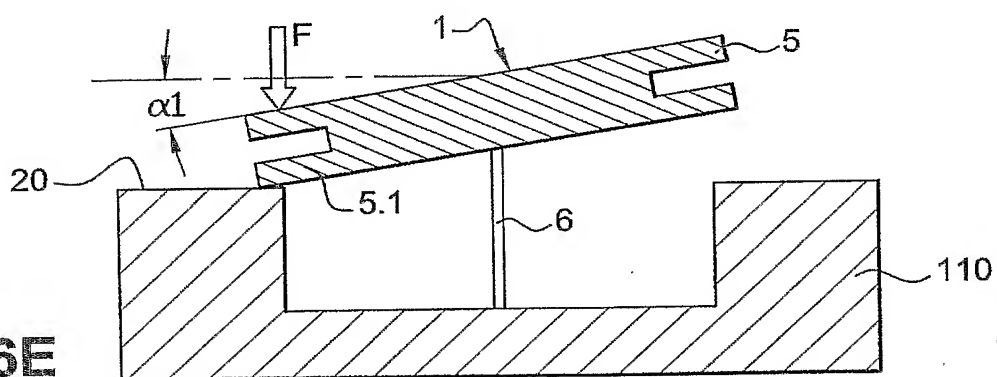
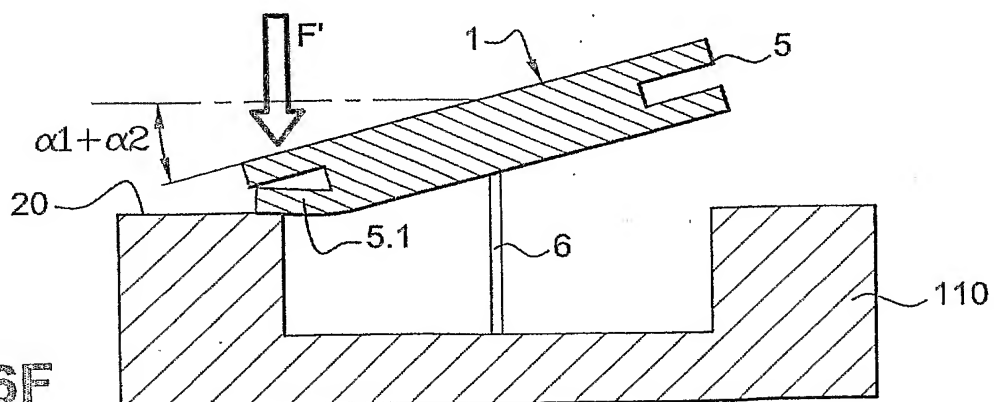
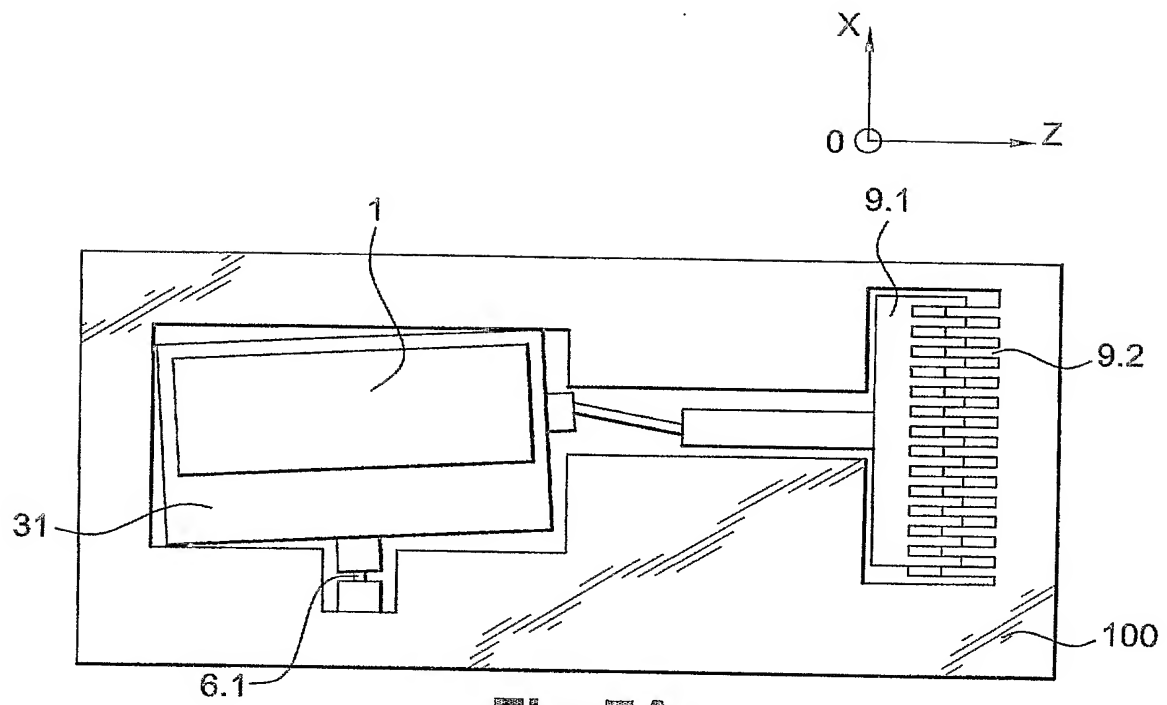
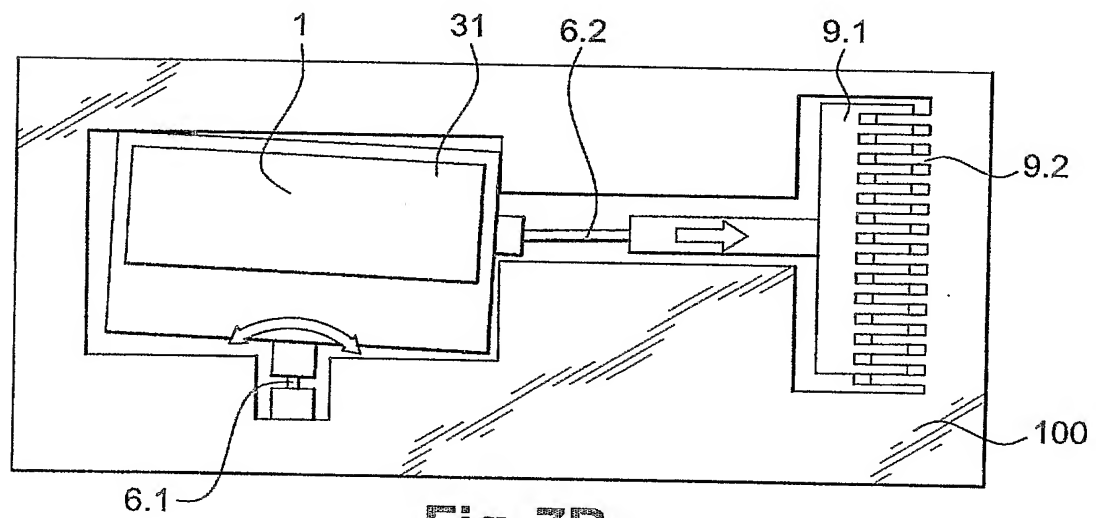


Fig. 6F

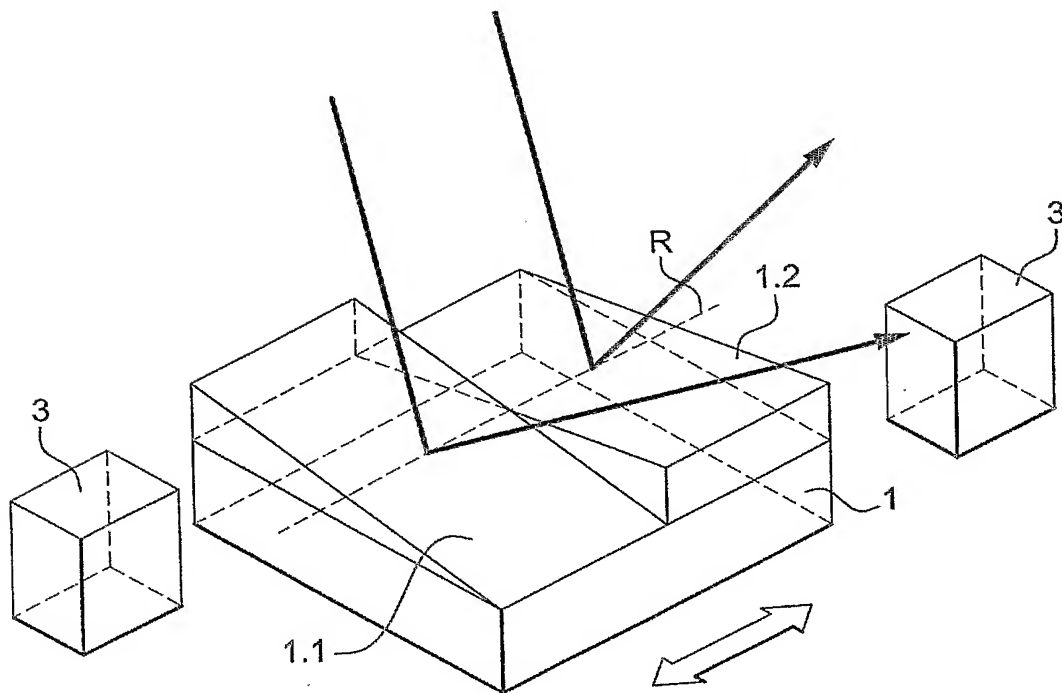
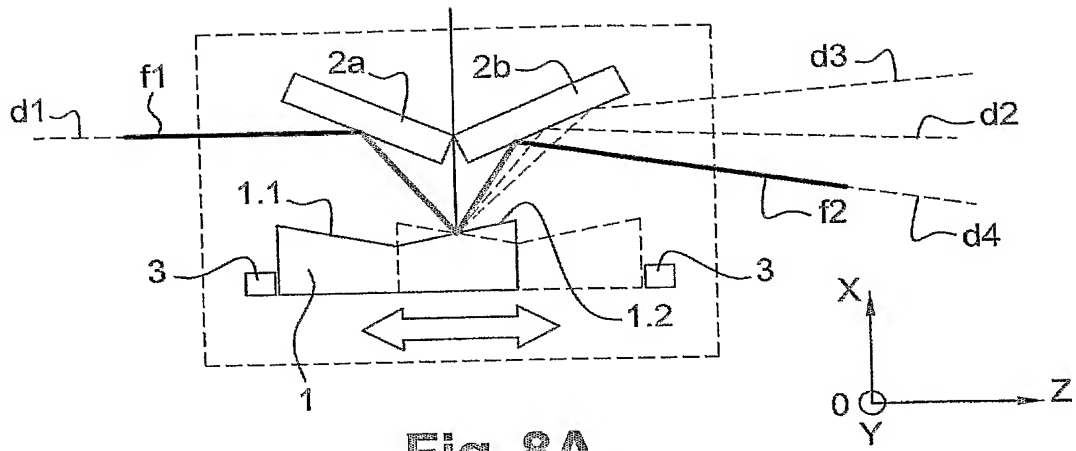


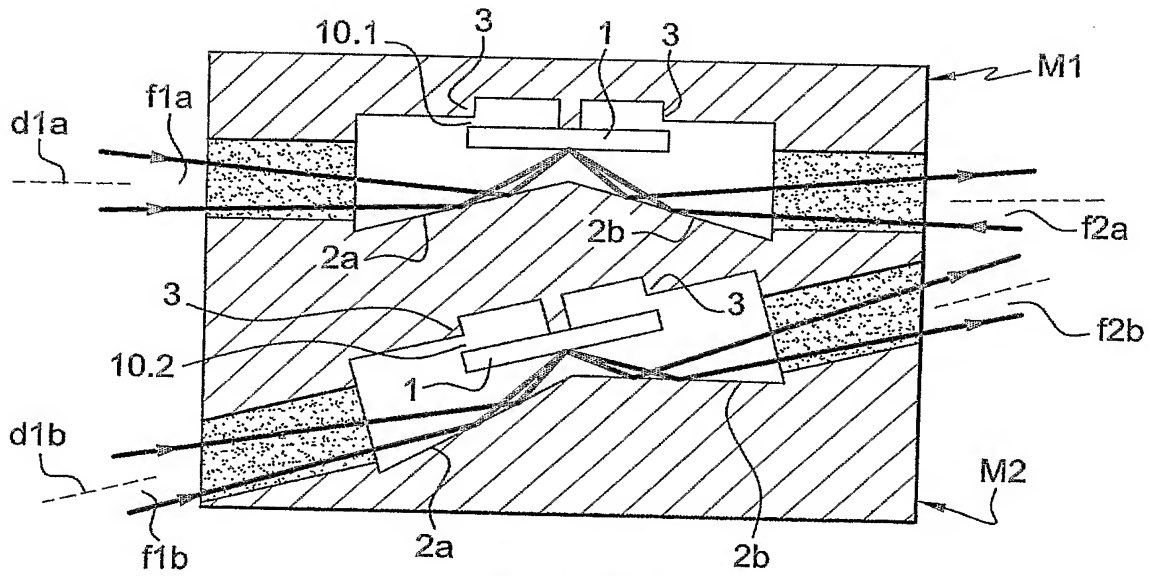


**Fig. 7A**

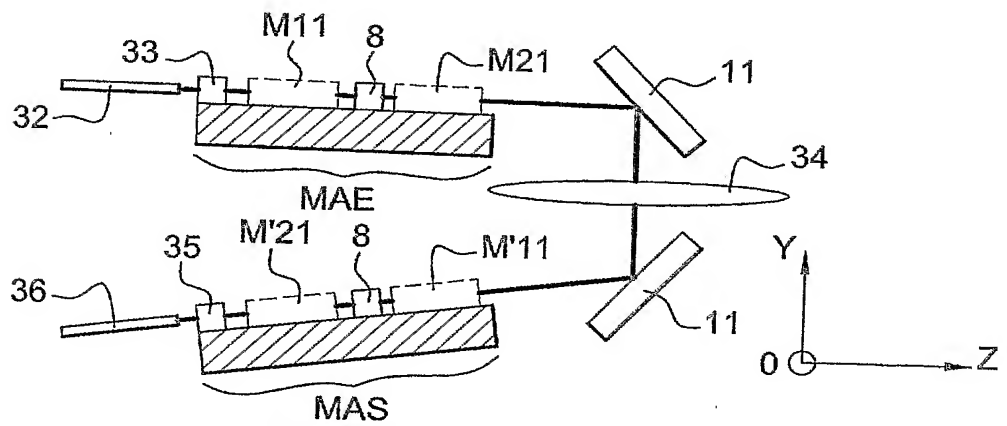


**Fig. 7B**



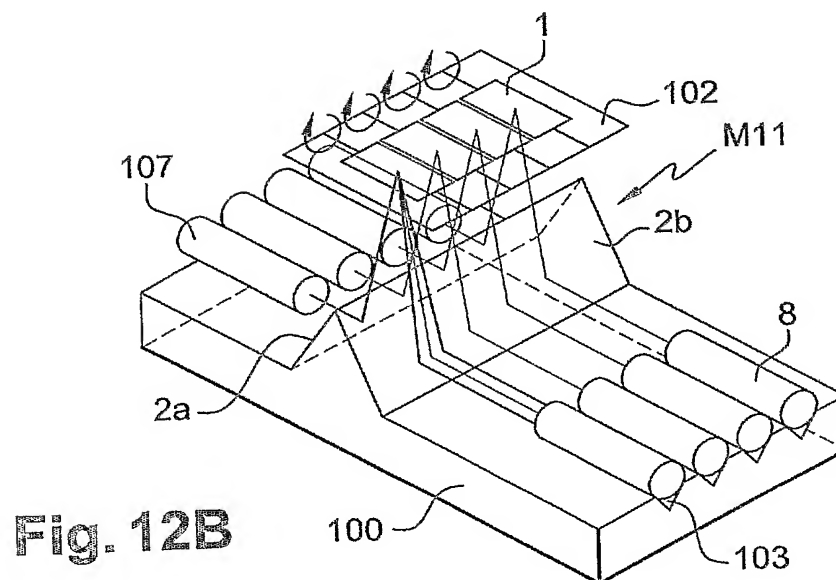
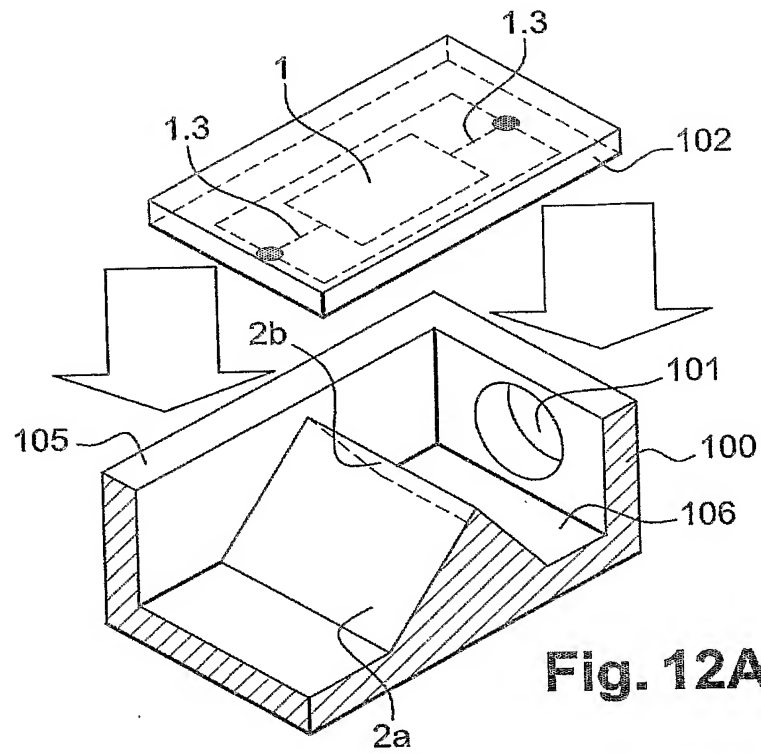


**Fig. 9**

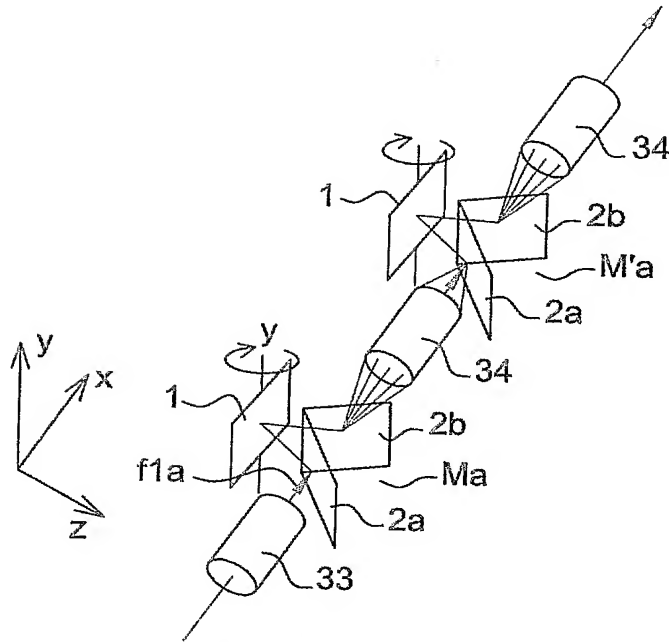


**Fig. 10**

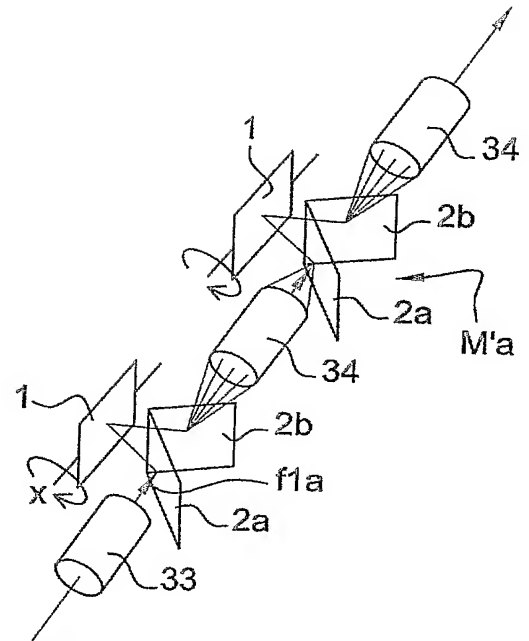
11/12



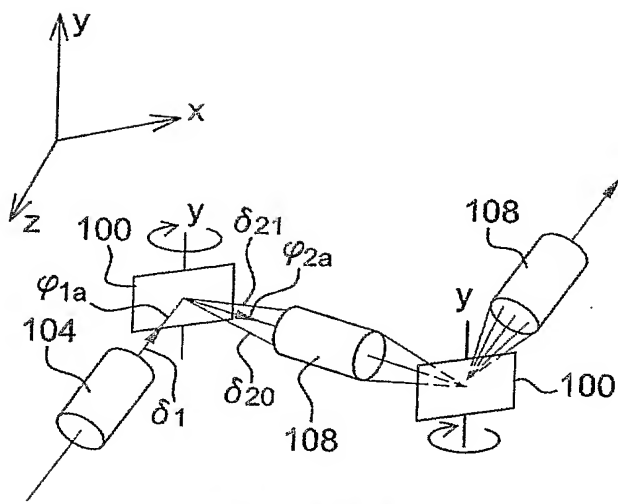
12 / 12



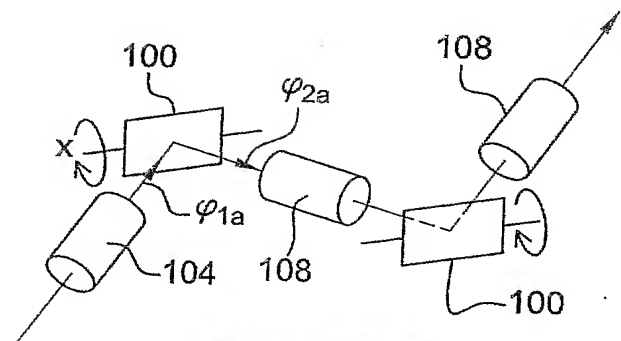
**Fig. 11A**



**Fig. 11B**

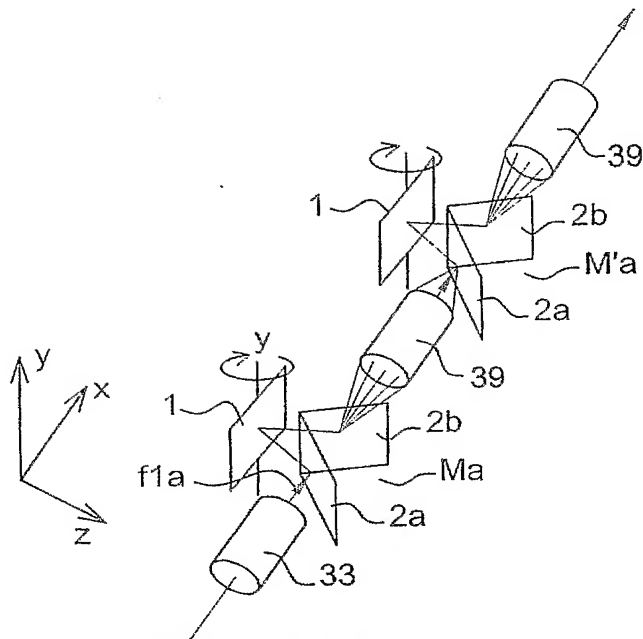


**Fig. 13A**

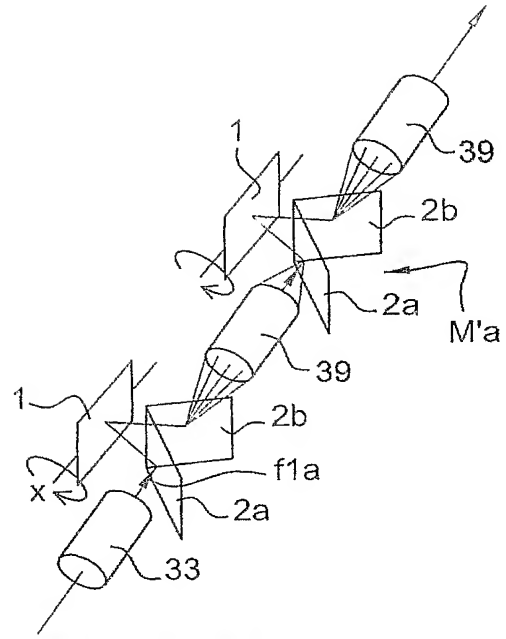


**Fig. 13B**

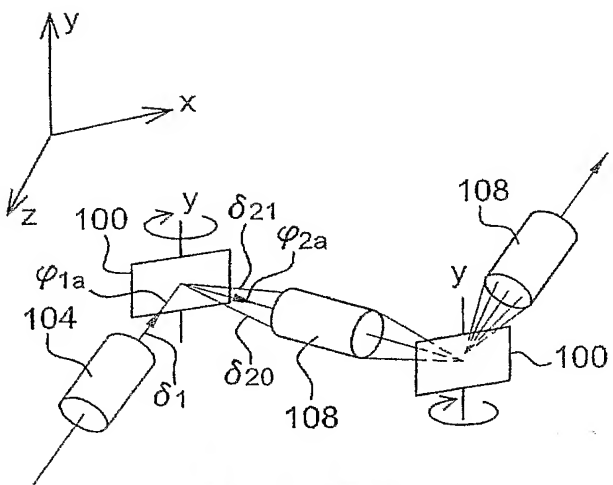
12 / 12



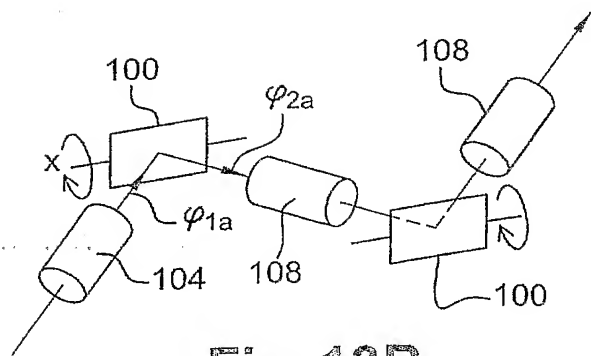
**Fig. 11A**



**Fig. 11B**



**Fig. 13A**



**Fig. 13B**



## BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

### Désignation de l'inventeur

Vos références pour ce dossier	B 14434 CS DD 2596
N°D'ENREGISTREMENT NATIONAL	
TITRE DE L'INVENTION	
	MODULE DE DEFLEXION OPTIQUE
LE(S) DEMANDEUR(S) OU LE(S) MANDATAIRE(S):	
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S):	
Inventeur 1	
Nom	MARTINEZ
Prénoms	Christophe
Rue	05, rue André Maginot
Code postal et ville	38000 GRENOBLE - FRANCE
Société d'appartenance	
Inventeur 2	
Nom	VALETTE
Prénoms	Serge
Rue	131, cours de la Libération
Code postal et ville	38100 GRENOBLE - FRANCE
Société d'appartenance	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

Signé par

Signataire: FR, Brevatome, J. Lehu

Emetteur du certificat: DE, D-Trust GmbH, D-Trust for EPO 2.0

Fonction

Mandataire agréé (Mandataire 1)